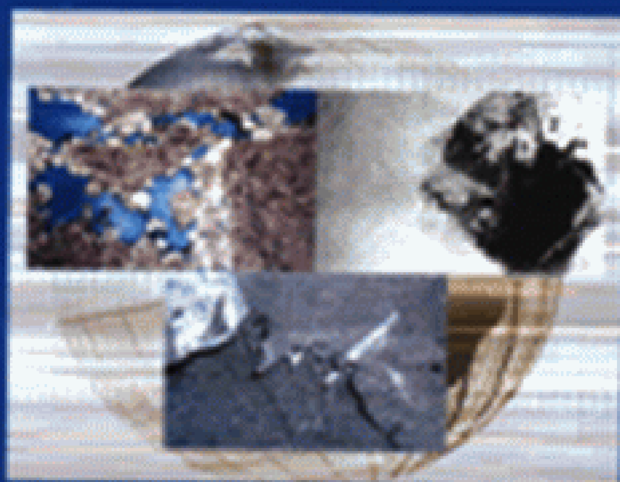
ArcView地理信息系统空间分析方法

汤国安　陈正江　赵牡丹　刘万青　刘咏梅





科学出版社
www.sciencep.com

国家高技术研究发展计划（863计划）项目（2001AA135080）
西北大学大陆动力学教育部重点实验室高级访问学者基金项目
西北大学211教学改革研究项目

ArcView 地理信息系统空间分析方法

汤国安　陈正江　赵牡丹　刘万青　刘咏梅

科学出版社
北　京

内 容 简 介

本书是作者在总结近年来利用 ArcView GIS 软件进行地学分析研究、工程应用和教学经验的基础上编写而成。

全书共分 14 章，主要内容包括 ArcView 的功能介绍、ArcView 的空间分析方法、ArcView 的应用实例以及 ArcView 的空间分析精度研究等。全书图表丰富、脉络清晰，有大量明晰的操作步骤和典型的应用实例，会使读者对 ArcView 的各项功能及其在地学分析上的应用有一个全面的掌握。

本书可作为 ArcView 应用人员的参考书，亦可作为高等院校地理信息系统课程实习的辅助教材。

图书在版编目（CIP）数据

ArcView 地理信息系统空间分析方法/汤国安等编著．—北京：科学出版社，2002

ISBN 7-03-010717-9

Ⅰ.A… Ⅱ.汤… Ⅲ.地理信息系统—应用软件，ArcView Ⅳ.P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2002）第 065056 号

责任编辑：彭胜潮 杨红/责任校对：包志虹
责任印制：刘秀平 /封面设计：张放

科学出版社 出版
北京东黄城根北街16号
邮政编码：100717
http://www.sciencep.com
□源印刷厂 印刷
科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002 年 10 月第 一 版 开本：787×1092 1/16
2002 年 10 月第一次印刷 印张：15 1/2
印数：1—4 000 字数：357 000

定价：30.00 元

（如有印装质量问题，我社负责调换〈环伟〉）

前　言

地理信息系统（Geographic Information System，简称 GIS）是对空间信息进行描述、采集、处理、存储、管理、分析和应用的一门新兴学科。在国外，GIS 已发展成为一个比较成熟的产业；在我国，GIS 技术也日益受到各级政府和产业部门的重视，并在测绘、资源管理、城乡规划、灾害监测、环境保护、国防建设等领域发挥着越来越重要的作用。

当前，在众多的地理信息系统平台软件中，ArcView GIS 桌面地理信息系统因其界面友好、使用方便、功能模块齐全而受到广大 GIS 用户，特别是地学分析、应用人员的欢迎。但是，由于 ArcView 软件平台仅提供地学空间分析的一般模块，而大量的地学分析需要根据具体的分析模式与要求，在原有的功能模块基础上做较为复杂的操作或二次开发，因此，根据在地学与 GIS 领域的最新研究成果，编写一本利用 ArcView GIS 平台软件，专门解决有关地学空间分析问题的著作是非常必要的。

近年来，在国家“863”、“973”计划等科学研究项目的支持下，作者在 GIS 的地学分析方法、DEM 地形信息的知识挖掘、空间数据及其分析的不确定性等方面进行了一系列的研究，总结出一套利用 ArcView 软件进行地学空间分析的有效方法，在西北大学及香港理工大学地理信息系统专业大学本科生、研究生的教学中也得到成功的应用。本书对其中的关键技术进行了较为系统的总结。全书共分 14 章，第一至第七章，结合地理信息系统的基本理论与方法，系统地介绍了 ArcView 的基本功能；第八至第十三章进一步探讨了 ArcView GIS 空间分析、三维分析及网络分析的理论方法与应用实例。最后，还就利用 ArcView GIS 软件进行数字高程模型（DEM）空间分析的不确定性问题进行了深入的探讨。

本书大部分的实验工作在西北大学大陆动力学教育部重点实验室完成。在编撰本书的过程中，北京富融科技有限公司的尚东高级工程师给予了很多资料上的帮助，西北大学地理信息系统专业的研究生杨玮莹、张勇、朱红春、邹秀平、杨昕、刘爱丽、易宏伟、李晓印、张婷等同学也参与了部分实验工作，在此一并表示感谢。

由于作者水平和时间有限，书中难免存在疏漏之处，恳请读者批评指正。

作　者

2002 年 6 月于西北大学

目　　录

第一章 GIS 与 ArcView

第一节 地理信息系统简介

1. 什么是地理信息系统

在信息化高速发达的现代社会，至少在知识界，人们对“信息系统” 都不感陌生，各种各样的管理信息系统、咨询服务系统、决策支持系统乃至专家系统在夜以继日地帮助人们进行着规划、管理、决策、事务处理及信息咨询，极大地提高了人们的工作效率，方便了人们的生活。但在更多的时候，人们规划、管理、决策、事务处理及信息咨询的内容常常必须与周围的地理环境和地理位置相联系，就像人们经常使用的地图或图纸，不仅要能表达事件发生的过程和结果，还要能表达事件发生的地点、周围环境以及与其他事物之间的空间相互关系等，这就产生了地理信息系统(Geographic Information System，简称 GIS)。

从地理信息系统的专业角度看，可以将人们经常使用的信息划分为两类——空间信息和非空间信息。所谓空间信息，就是信息内容本身就包含有形状、分布、空间定位、空间相互关系等内容的信息，如一条道路、一座桥梁、或一幢建筑物、一个行政区、一个天体等的几何形状及其所处的空间位置等。

地理信息是人们应用最多的空间信息，根据统计，人们日常使用信息的 80%以上都是地理信息。远在 4000 多年前，人们就学会了使用地图，从而掌握了与地理空间信息打交道的直观、简易的方法。而现代科学技术的发展，已将人们带入了一个前所未有的信息时代，计算机的使用和数据库技术的快速发展更使人们学会了用信息系统管理和使用信息。

地理信息系统就是能够输入、存储、管理并处理分析地理空间数据的信息系统。地理信息系统是信息系统技术发展到高级阶段的产物，它不仅是随计算机软件技术发展的“应运而生”，而且在很大程度上也得益于计算机硬件水平的发展。试想，一个有实际应用价值的地理信息系统少则几十兆、大则数十吉（1 吉=1000 兆）字节或更大规模的图形或图像信息，其存储、显示和快速的处理分析，对早期的计算机系统，特别是早期的微型计算机系统来说是多么的不可思议。

2. 地理信息系统的产生

地理信息系统最早萌芽于北美，20 世纪 60 年代初，加拿大的 Roger F. Tomlinson 和美国的 Duane F.Marble 在不同的地方、从不同角度提出了地理信息系统的构想。Tomlinson 于 1962 年提出利用数字计算机处理和分析大量的土地利用数据，建议加拿大土地调查局建立加拿大地理信息统(CGIS)。1972 年，CGIS 全面投入运行，成为世界

上第一个运行的地理信息系统。CGIS 提出的地理数据模型、栅格-矢量数据相互转换、空间数据、属性数据连接及空间数据在空间上分块、在内容上分层等基本的设计思想，为地理信息系统技术的后来发展起到了奠基作用。

几乎是在同一时间，Duane F. Marble 在美国西北大学研究利用数字计算机研制数据处理软件系统，以支持大规模城市交通研究，并且还提出了地理信息系统软件系统的思想。来自美国西北技术研究所的 Howard Fisher 教授在福特基金的资助下，建立了哈佛大学计算机图形与空间分析实验室，开发了 SYMAP\ODYSSEY 等软件包，其中，SYMAP 对当今的栅格地理信息系统有相当影响，而 ODYSSEY 则被认为是当代矢量地理信息系统的原型。

其实，地理信息系统是计算机地理制图和计算机图像处理技术发展的必然产物。一方面，在 20 世纪 60 年代，随着世界经济的快速发展，对地形图的数量和质量提出了更高要求，一般的手工作业方式已远远不能满足地形图生产的要求，也不能对日新月异的发展变化及时更新，而计算机技术的发展，使使用计算机进行地图制图成为了客观上的必然。另一方面，航空和航天遥感技术的发展，又使得人们必须寻找遥感资料的快速与高精度的处理方法，这同样要用到计算机，这两方面的共同要求，必然刺激计算机图像处理技术的快速发展。

由于计算机地理制图和计算机图像处理均是对地面地理对象进行的，两者之间必然有相同的基础和内容，如投影、误差、控制点、比例尺等基本制图信息，以及地名、行政界、交通、河流、居民点等基本地理信息。更重要的一点是两者又往往是同一技术过程的不同阶段，也就是说，计算机图像处理和计算机地理制图往往是同一批人，从事同一项研究而进行的不同阶段的工作，所以，人们很自然地会将它们结合起来。随着技术的发展，将两者基础的部分和共同的部分统一为一致的理论与一致的方法，从而产生了地理信息系统。

当由计算机地理制图和计算机图像处理产生了地理信息系统，地理信息系统就不再是纯粹的计算机地理制图系统或纯粹的计算机图像处理系统，并再也不是这两者功能的简单加和，它有了更广阔的应用领域和更深层次的用途。

3. 当代 GIS 的发展趋势

地理信息系统自 20 世纪 60 年代产生以来，已有 40 多年的发展历程，它极大地拓宽了信息系统技术的应用范围和应用深度，特别是随着计算机硬、软件技术的快速发展，地理信息系统技术也发生着日新月异的变化，目前正处在一个极快的发展阶段，其应用已不仅局限于测绘、地矿、制图、资源与环境管理等传统领域，其在设施管理、交通管理、工程建设、城市规划、灾害防治、灾害评估、文物考古等领域中也愈来愈扮演着重要的角色。此外，地理信息系统还进入了军事战略分析、商业策划和文化教育等更为广泛的领域，甚至还和其他科学技术结合，进入了普通人的生活。它目前的发展趋势，主要表现在以下几点：

1）面向大型的应用和面向公众的应用均加速发展

一方面，在大型工程应用方面，如美国内务部土地管理局的自动土地与矿产资源系统(ALMRS)和森林局“615”工程，仅硬件和软件的耗资就高达 12 亿多美元；美国海

军的海图计划，建库的费用也在数亿美元。另一方面，一些面向公众的应用，如城市交通咨询、旅游景点咨询等也通过计算机网络将各种空间信息传送到千家万户。如美国已有城市试验通过电视有线网向公众发布城市交通、市政设施等空间信息。香港地政署与香港旅游协会(TA)也正着手建立香港旅游信息系统，该系统的基础数据直接来源于地政处的大型数据库，旅游信息则由旅游部门提供。计划首先在尖沙嘴等旅游热点安装触摸屏，游客可以通过触摸屏直接了解香港的地理和旅游信息。

2）GIS 应用的微机化

随着计算机硬件技术的飞速发展，使原来主要运行于图形工作站上的地理信息系统大都转向了个人电脑和微型计算机系统。这一变化的实践意义远远超过了它在技术上的进步。由于微机数量很多，并且分布广泛，这就使得 GIS 技术可以迅速地普及到千家万户和社会的各个领域，成为“寻常百姓”可以共享的技术，这极大地拓宽了 GIS 的市场，同时也刺激了 GIS 技术的快速发展。

3）GIS 的网络化和 Web GIS

随着计算机网络技术的发展和普及，基于网络的分布式地理信息系统已成为大、中型地理信息工程的必然选择。特别是基于政府的，或基于大、中型行业的信息系统要求能实时、快速地连接各行政组织和基层单位快速变化着的各种信息，以便及时调整方案或做出决策，就必须建立全组织的基于网络的地理信息系统。而有的地理信息系统，如城市交通管理信息系统、铁路运输调度系统等，其环境就必须是基于网络的。

Internet 的快速普及也极大地改变了人们的工作和生活方式。基于 Internet Browser/Server 的应用形式已经成为一种工业标准，被广泛地应用于信息的发布、检验等诸多领域，成为世界上最大的信息网。因而在 Internet 上发布和传输地理信息，使普通人可以用浏览器浏览和查询地理信息，甚至进行简单的地理分析，已成为众所向往的一种趋势。

4）GIS 与遥感及 GPS 的结合

遥感可以实时、快速和大范围获得地面各种地理信息，这使得遥感和 GIS 相结合的系统在许多关系国民经济、人民财产安全和国家中、长期战略规划的应用中表现出了无可比拟的优越性。如在农作物估产、水土资源利用规划、交通能源规划、环境监测、森林火灾预警、干旱洪涝灾害防治等领域，地理信息系统和遥感数据采集系统相互配合、相互补充，就能及时、准确地将遥感实时观测数据与 GIS 中的基础地理数据、DEM、地名数据、社会经济统计数据相综合，并通过 GIS 各种预设的空间分析模型进行计算分析，获得各种需要的分析结果和决策信息。

GPS(Global Position System，即“全球定位系统”)是一种快速、高精度的获得地面定位信息的新技术，GIS 和 GPS 相结合的系统在城市交通管理、智能化交通指导系统中显示了强大的功能。如通过车载 GPS 系统，出租车公司就可以对全公司的车辆进行动态管理，并可以在车内进行路线选择；GPS 用于野外调查，可以大大提高野外调查的工作效率。GIS 与 GPS 的结合，也是 GIS 当前应用领域发展的重要方向之一。

5）GIS 的智能化

GIS 的智能化，也就是 GIS 与专家系统的结合。随着当前地理信息系统应用的广泛深入，大型应用中要求处理或要求决策的问题愈来愈复杂，其中有相当一部分问题是数

学模型或其他模型也难以解决的，这就要求地理信息系统与专家系统相结合，以借助专家们的知识和经验，模拟专家们的决策方法，使复杂的决策问题简化。

第二节　GIS 的数据模型

在数字计算机中，GIS 自然也是用数字来描述地理实体(或称为“地理对象”)的。地理实体在 GIS 中的这种数字组织与表达形式，即 GIS 的数据模型。

在 GIS 中，用于表示地理对象位置、分布、形状、空间相互关系等信息内容的数据，被称为“空间数据”；而表示与空间位置无关的其他信息，如颜色、质量、等级、类型等信息的数据，被称为“属性数据”。一般来讲，前者有复杂的数据结构，而后者有丰富的数据形式。

目前，表示地理对象空间特征的数据，主要有两种数据模型——即矢量数据模型和栅格数据模型，而地理对象属性数据的表示，则随其对应的空间数据模型的不同而有所不同，详见图 1-1。

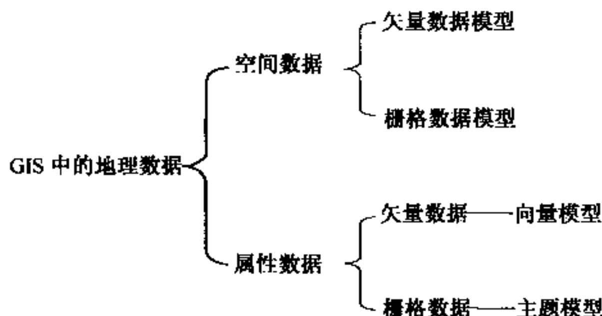


图 1-1　GIS 数据模型

1. 矢量数据模型

矢量数据模型是 GIS 主要的数据模型之一。类似于矢量地图，GIS 的矢量数据模型也是用点、线（或称“弧”）、面（或称“多边形”）三种主要的图形元素来抽象表示地理对象的。由于面（多边形）是线（弧）所围成的区域，线（弧）又是点的有向序列，所以，坐标点是矢量数据模型最基本的数据元素。所以说，GIS 的矢量数据模型，就是以坐标点的方式，记录抽象的点、线、面地理实体。

从理论上说，矢量数据描述的是连续空间，因而它能精确地表达地理实体的形状与位置，又可以通过点、线、面三种基本图元之间的联系，构筑地理实体及其图形表示的邻接、连通、包含等拓扑关系，从而有利于地理信息的查询、网络路径优化、空间相互关系分析等地理应用。

GIS 的矢量数据模型可以用相对较少的数据量，记录大量的地理信息，而且精度高，制图效果好。在地理信息系统发展早期，受计算机存储能力及计算速度的限制，它扮演了更为重要的角色。

2. 栅格数据模型

栅格数据就是用数字表示的像元阵列。其中，栅格的行和列规定了实体所在的坐标空间，而数字矩阵本身则描述了实体的属性或属性编码。

栅格数据是计算机和其他信息输入输出设备广泛使用的一种数据模型，如电视机、显示器、打印机等的空间寻址，甚至专门用于矢量图形的输入输出设备，如数字化仪、矢量绘图仪及扫描仪等，其内部结构实质上也是栅格的。

栅格数据最显著的特点就是存在着最小的、不能再分的栅格单元，在形式上通常表现为整齐的数字矩阵，且便于计算机进行处理，特别是存储和显示。

遥感数据是采用特殊扫描平台获得的栅格数据，它是地理信息系统最重要的数据来源之一，实践中更有以处理遥感影像数据为主的系统，因而实用的地理信息系统必然要求能够有效地处理来自遥感的栅格数据。

DTM（数字地形模型）和 DEM（数字高程模型）是 GIS 研究与应用的重要领域之一，它有着十分广泛的用途，而 DTM 及 DEM 常用的、最简单的表示形式就是栅格数字阵列，这些都对地理信息系统处理栅格数据的能力提出了很高要求。

此外，栅格数据存在着的“最小数据单元”，非常适宜于地理信息的“模型化”。因为无论怎样复杂的模型算法，在一个栅格单元内就成了纯粹的属性运算。随着计算机硬、软件技术的发展与突破，栅格数据占用存储空间大、图形数据精度差等缺点对一个实际运行的应用系统来说已不是很重要，利用它可以解决许多复杂的实际应用问题。

近年来，许多研究者在探索一种矢量——栅格一体化的数据模型，以实现这两种数据模型的统一。但这一探索目前仍处于研究阶段，其真正实现还有待时日。

3. 属性数据及其表示

GIS 中地理对象与位置、分布、形状等空间信息无关的特性用属性数据来表示。在矢量数据模型中，空间数据的单元是抽象化的点、线、面数据对象，其属性数据的具体内容，一般要比空间数据灵活，原因是其在很大程度上依赖于系统设计对属性数据的内容和处理要求。如“道路”属性的描述，可以有名称、起点、到达点、长度、路宽、路面性质、路面等级、林荫带的有无、最大容许车速、最大容许承压等等。这些属性数据，对于不同的信息系统有着各种选择的灵活性。如对于城市交通管理信息系统来说，这部分内容都是必需的，甚至还要补充；而对于城市人口信息系统来说，以上数据信息未必都是必需的。另外，对于同样是“线”实体的河流来说，属性数据又有更大不同。所以，同是点、线或面的空间数据类型，其属性数据会千差万别。

属性数据这种随应用而变化的随意性，决定了它不可能有统一的数据格式，因而从数据结构角度也难以建立各数据项之间的彼此联系，所以，GIS 矢量数据模型下的属性数据，一般处理为“属性向量”形式——即将各属性项看作是彼此无关的独立量(图 1-2)。

属性 1	属性 2	属性 3	属性 4	属性 5	……	属性 M

图 1-2　GIS 的属性数据模型

至于栅格数据，由于数据单元对应的是区域空间，所以要表示区域空间内地物的属

性，就只能对整个区域空间使用一种属性类的划分，这就是该栅格阵列的内容或“主题”。栅格数据这种以“主题”命名属性类别的方法我们称之为“主题模型”。也就是说，一个栅格矩阵单元对应一种属性主题，如 DEM、地面坡度和坡向、土地利用类型等等，至于每一个栅格单元的具体内容，不过是同一主题下的不同取值罢了。

4．空间数据与属性数据的连接

在 GIS 的矢量数据模型中，由于空间数据和属性数据采用了完全不同的数据结构模式，因此，为了实现空间数据对象与其属性数据的统一，就必须将两者连接起来，这一般通过一个共同的内部标识来实现（图 1-3）。

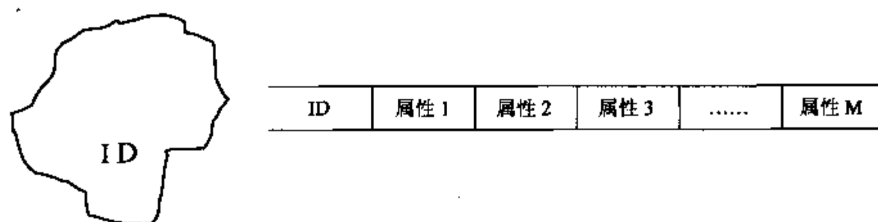


图 1-3　空间数据与属性数据的连接

第三节　地理信息系统的空间分析功能

地理信息系统区别于其他管理信息系统的最主要特征，是它具有管理地理空间数据，并能按照其在实际空间的相对位置关系对之进行处理分析的能力。它对地理空间数据的这种处理分析功能，组成了地理信息系统实际应用的主要方面。

在此，我们拟对 GIS 中常用的空间分析功能作概括性介绍，有关空间分析方法及其在 ArcView 中应用的细节，将作为本书的重点内容在第八章“空间分析导论”及其以后的章节中陆续介绍。

1．数字地形模型

1）数字地形模型（Digital Terrain Model，简称 DTM）

数字地形模型，通常定义为描述地面特征空间分布的有序数值阵列。其坐标空间用 x，y 或经、纬度来定义，地面特征可以是地貌、土壤、土地利用、土地权属等等。DTM 可以是每三个坐标值为一组元的散点结构，也可以是整体的数字阵列，或由多项式或傅里叶级数所确定的曲面方程。

数字地形模型是对区域地理空间数据描述的基本形式和手段之一，是进行地理空间分析的基础数据。

2）数字高程模型（Digital Elevation Model，简称 DEM）

将数字地形模型的地面特征用于描述地面高程，这时的 DTM 被称为“数字高程模型”，简称 DEM。

数字高程模型是建立各种数字地形模型的基础，通过 DEM 可以方便地获得地表的

各种特征参数，其应用可遍及整个地学领域。如在测绘中可用于绘制等高线、坡度图、坡向图、立体透视图、立体景观图，并应用于制作正射影像图、立体景观片、立体地形模型及地图的修测；在各种工程中可用于体积和面积的计算、各种剖面图的绘制及线路的设计；军事上可用于导航（包括导弹及飞机的导航）、通讯、作战任务的计划等；在遥感中可作为分类的辅助数据；在环境与规划中可用于土地现状分析、规划及洪水险情预报等。

2. 空间统计分析

空间统计分析就是以空间地理实体为对象，对其形状、分布、空间相互关系进行的统计分析。空间统计分析在动、植物分布及生物种群研究，景观生态学，环境保护等领域用途广泛。如在景观生态学及相关研究中，常用的多样性指数（如丰富度、均匀度、优势度等）、镶嵌度指数（如集聚度）、距离指数（如最小距离指数、连接度指数）、生境破碎化指数等，都可以通过对地理空间数据的坐标和属性数据，进行诸如空间自相关分析、变异矩和相关分析、波谱分析、空间趋势面分析及空间插值方法得到。

3. 空间叠置分析

空间叠加就是将两个或多个图层以相同的空间位置重叠在一起，经过图形和属性运算，产生新的空间区域的过程。叠加的每幅图层称为一个叠置层，每个叠置层带有一个将用于综合运算的属性，一个叠置层反映了某一方面的专题信息。

叠加中的图形运算的复杂程度视数据结构的不同而有所不同。栅格数据由于已是对空间的规则划分，所以没有空间图形的运算，因为各个栅格的位置、大小对叠置层都应该是一致的。相比之下，矢量图的叠加就要复杂得多，这种复杂性来源于对空间线划相交的判断与计算，以及空间对象拓扑结构的重建等。由于矢量数据的图形精度高于栅格数据的精度，所以，矢量数据叠加的结果一般也优于栅格数据叠加的结果。

空间实体有点、线、面三种基本类别，叠加运算一般是在面状数据层之间或点、线要素数据层对面状数据层进行的，极少数情况也涉及到点-线的叠加操作。

4. 缓冲区分析

缓冲区是以某类图形元素（点、线或面）为基础拓展一定的宽度而形成的区域。缓冲区在实际工作中具有重要意义，如查找一个噪声点源的影响范围可以以该点源为中心建立一个缓冲区，缓冲区的半径即最远的影响距离；又如一个飞机场噪声的影响范围是以飞机跑道为基准向外扩展的范围；在城市建设中，常常涉及拓宽道路的问题，拓宽道路需要计算房屋拆迁量，这需先用现有道路边线向外扩展一定的宽度而形成一个缓冲带，将该缓冲带与有关建筑物的数据层进行对比分析（或叠加分析），即可计算出拆迁量。

缓冲操作后形成一个或多个多边形区域，单独的缓冲区操作并没有太大的实际意义，缓冲区功能必须与其他空间分析一起使用才能发挥应有的作用。如前面的道路扩建例子，如果没有房屋层数据，不利用叠加功能，那么拆迁量是无法计算的。因此，缓冲区操作应理解为为达到某种目的而进行的一系列空间分析中的一部分，其数据可能来源于其他分析结果，其成果也能为进一步的分析提供数据。

此外，缓冲区操作可以是以矢量数据结构为基础进行的，也可以以栅格数据结构为基础进行。栅格数据的缓冲区操作具有相同的规律，只是运算更为简单，并且具有明显的扩展（见随后的介绍）特色。

5．空间扩展

缓冲区的区域内部是同值的，没有远、近与强、弱之分。如一个人从某点出发，十分钟所能走的路程范围是以该点为中心的一个圆，在缓冲区操作中该圆的内部被认为具有一致的属性，即为统一的“十分钟路程”区域。现假定要考察该区域内部的情况，如想知道每分钟向外行走的区域分布，此类问题就是所谓的空间扩展问题。

空间扩展是从一个或多个目标点开始逐步向外移动并同时计算某些变量的过程，适用于评定随距离而累加的现象。如上述例子中，向外行走累计的是时间，该值随距离的增大而增大。

扩展功能的突出特点是对每一步的评价函数的累计值都进行了记录，常见的评价函数为距离求和、时间求和（累计），其间也考虑到限制因素。

6．网络分析

对地理网络进行地理分析和模型化，是地理信息系统中网络分析功能的主要目的。网络分析是运筹学的一个基本模型，它的根本目的是研究、筹划一项网络工程如何安排，并使其运行效果最好。这类问题在生产、社会、经济活动中不胜枚举，因此进行网络分析研究具有重大意义。

所谓网络(Network)，是指线状要素相互连接所形成的一个线状模式，如道路网、管线网、电力网、河流网等。网络的作用是将资源从一个位置移动到另一个位置。资源在运送过程中会产生消耗、堵塞、减缓等现象，这表明网络系统中必须有一个合理的体制，使得资源能够顺利流动。

网络功能用于模拟那些难以直接量测的行为。一个网络模型中，实际的网络要素由一套规则及数学函数描述。而基于空间信息系统的空间网络分析则往往是将这些规则及数字上的描述通过某些形式转换到空间及属性数据库中，以便于运算。

网络分析是在线状模式基础上进行的，线状要素间的连接形式十分重要，而这种连接以矢量数据结构描述最好，因而一般系统中的网络功能都以矢量数据来实现。

网络分析的形式有多种，常用的三种功能为：网络负荷预测、线路优化（最优路径）和资源分配。

7．三维分析

三维信息是二维平面信息向立体方向的扩展，日常人们所见的地形起伏，高耸的建筑物等都是三维的概念，它们是现实世界的真实体现。从测绘的角度讲，地形图纸是一个平面，它不能直观描述真实世界的三维景观，于是只能在测绘图上间接地表示出来，如用等高线方式描述地形的起伏状况，用层数标注来大体说明建筑物的高度等等。随着对二维平面数据结构及其分析方法研究取得比较成熟的成果，对三维方法的研究势在必行，三维分析功能也逐渐成为地理信息系统功能的一个重要组成部分。

第四节　ArcView GIS 简介

ArcView 是美国 ESRI（环境系统研究所）的 GIS 产品，ESRI 是地理信息系统业界的著名企业，其发展基本上代表了国际地理信息系统技术的前沿水平。ESRI 另一个与 ArcView 相媲美的 GIS 产品即著名的 Arc/Info 软件，它们都以技术可靠、算法先进、实用性强而著称于世。相对于 Arc/Info，ArcView 更方便、灵活，且操作简单、通用性强，特别适用于地理信息系统应用的普及和对传统信息系统的 GIS 化。

1．桌面地理信息系统

什么是桌面地理信息系统，目前 GIS 界还没有一个完全一致的定义。普遍认为，桌面地理信息系统就是运行于桌面计算机（图形工作站及微型计算机的统称）上的地理信息系统。但也有人认为，桌面地理信息系统是不以专门的地理信息工程为目标，而是通过地图界面查询各种信息并融合常用地理分析技术的信息系统。总而言之，桌面地理信息系统可理解为是运行于较低硬件性能指标上的较为大众化、普及化的地理信息系统。

桌面地理信息系统是地理信息系统走向普及和社会化的标志，其技术水平也反映了地理信息系统技术的应用水平和普及化程度。从这点上说，桌面地理信息系统也是一项发展的技术。随着 GIS 总体技术的发展和 GIS 应用的普及，桌面地理信息系统的功能也在不断的增强与发展之中，今天有代表性的桌面地理信息系统，已不是早期的只为管理信息系统提供地图查询界面和实现简单功能的地理分析，而是不断融合了地理信息系统各种成熟了的实用技术，如空间分析、网络分析、三维分析等等，使原来只在极专业化地理信息系统中出现的地理分析模型也进入了桌面地理信息系统。在这些桌面地理信息系统中，ArcView 可以说是它们的典型代表。

2．ArcView 的基本功能模块及其扩充

ArcView 采用了可扩充的结构设计，整个系统由基本模块和可扩充功能模块构成。其基本模块包括对视图（Views）、表格（Tables）、图表（Charts）、图版（Layouts）和脚本（Scripts）的管理。这些基本功能模块可以完成：

1）创建基于 GIS 的电子地图

ArcView 的矢量数据模型，支持创建基于 GIS 的电子地图，电子地图中的任何图元对象，都具有系统赋予的惟一内部标识，从而可以对其进行各种访问。

2）为电子地图中的地理对象连接属性信息

ArcView 对电子地图中具有内部标识的任一图元对象，都可以组织和建立与其相关的属性信息，从而形成完整地图对象的信息结构。

3）空间数据与属性数据的交叉查询

在 ArcView 所创建的电子地图中，可以通过地图对象查询得到其相应的属性信息，也可以根据属性值或属性值的范围，通过 SQL（结构化查询语言）查询操作，构造符合查询条件的逻辑表达式，在地图中查找到相应的空间数据对象，从而实现地图空间数据与属性数据的交叉查询。

4）建立基于空间数据与属性数据的分析图表

ArcView 支持六种类型的图表，即面图（area）、水平直方图（bar）、柱状图（column）、线图（line），饼图（pie）和坐标散点图（x y scatter），每种类型的图表均有几种变型可供选择。ArcView 图表实现了对表格数据的动态与直观显示，图表将信息快捷直观地传递给用户，而这些信息如果用其他方法获取，则需要花费很长时间。

使用图表可以显示、比较、查询属性信息，如点击饼图中某一扇片，则可以自动查询出其表达的记录数据或其他信息。另外，图表也是动态的，因为图表表达的是表格数据的当前状态，对表格数据的改动，会自动反映到图表中。

5）制作地图图版

图版是一个文档，ArcView 通过图版设计，可以创建和输出高质量的地图。图版可以由各种文档、图形和文本组成，项目中的视图、表格、图表也可以放在图版之中。图版的设计是在 ArcView GIS 的图形用户接口（GUI）中完成的。在图版的 GUI 中，有按钮和其他工具可供绘制、拖放和编辑图版选用。图版设计完成后，可以将之保存为图版模版供日后使用，也可以将图版打印或绘制成硬拷贝。

除了这些基本模块之外，ArcView 还包括大量可扩充功能模块，正是借助于这些可扩充的功能模块，ArcView 才可以完成大量的空间分析任务。

这些可扩充的功能模块包括：① 空间分析(Spatial Analyst)模块：使桌面用户可以创建、查询、分析基于栅格的光栅地图，可以通过多数据层查询信息。基于栅格的光栅数据的空间分析和可视化工具与 ArcView 的基于矢量的操作的结合，提高了 ArcView 在分析、建模、可视化、制图方面的能力；② 网络分析(NetWork Analysis)模块：用于解决各类地理网络问题（街道、高速公路、河流、管线）。如寻找效率最高的行车路线，生成行车方向，寻找最近的应急或服务设施，根据时间确定服务或销售区域等；③ 三维分析（3D Analyst）模块：为桌面用户提供了三维表面模型以及交互式的三维透视观察功能。为了支持复杂的三维表面分析，三维分析模块支持在 ArcView 中建立和使用不规则三角网(TIN)。三维分析模块还支持光栅数据分析，并提供由表面数据内插 z 值生成三维 Shape 文件的工具，可以在 ArcView 中建立、显示以及分析三维数据；④ 绘图输出(ArcPress for ArcView)模块：主要用于绘图文件光栅化。它帮助 ArcView 用户将绘图文件转化成光栅格式，提高绘图输出质量。使用绘图输出模块将地图或影像输出到不同型号的标准绘图设备，或转化为其他格式，这为 ArcView 用户提供了很好的输出工具；⑤ 影像分析(Image Analyst for ArcView)模块：为已有的基于栅格的空间分析工具作了补充，提供一种简单的、直观的方法来访问大量的影像数据，完成影像可视化、影像增强、地图注册、特征提取、影像分类及简单的变化监测功能；同时提供一种直接的途径可以对 Erdas Image 进行复杂的地学成像和处理；⑥ 追踪分析(Tracking Analyst for ArcView)模块：允许在 ArcView 环境中直接接收、回放 GPS（全球定位系统）等实时数据，并允许实时地利用这些数据进行空间分析，它还可以应用于车辆跟踪、飞行跟踪、野生动物追踪及其他一些领域；⑦ ArcView 因特网地图发布（ArcView Internet Map Server）模块：为用户提供 Internet 功能，如为用户提供现成的 HTML 网页，也可按需要生成网页片断，嵌入用户的网页中。用户可用 ArcView 的开发工具 Avenue 来实现制图和查询功能。

3. ArcView 系统的安装

ArcView 系统的安装和一般的计算机软件安装基本相同，运行系统盘上的“SETUP.EXE”安装程序，按照安装程序的有关提问做出回答，即可正确安装 ArcView 系统，但需注意以下几点：① ArcView 系统下的安装程序，只对系统主模块进行安装，对于其他外挂模块，还必须运行该外挂模块相应的安装程序；② 3.1 版以前的 ArcView 外挂模块并不完全都是独立的，如“三维分析”模块和“空间分析”模块，就存在某种依赖关系。“三维分析”模块必须在“空间分析”模块存在时才能正确运行，一般安装时也必须先安装空间分析模块，再安装三维分析模块，否则三维分析模块不能正确运行；③ 有多个外挂模块的系统中，其相应功能的调用需要在 File 菜单下的 Extensions 子菜单中设定。设定时，系统打开一个 Extensions 对话框（图 1-4）。

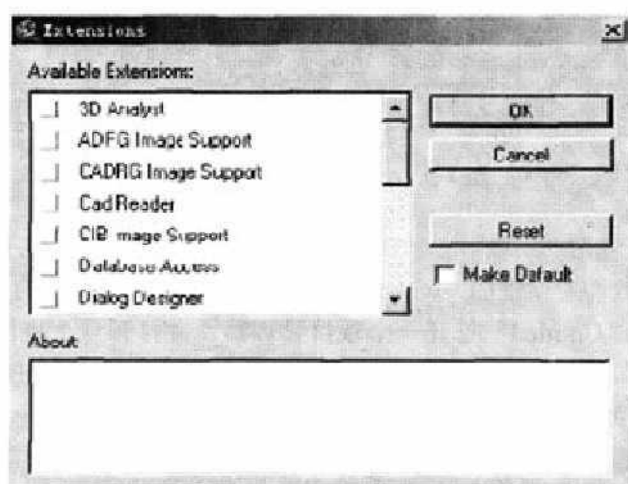


图 1-4　Extensions（功能扩展）对话框

用户只需选定 Available Extensions 列表框中相应的选项，按 OK（确认）按钮即可。

4. ArcView 的基本操作界面

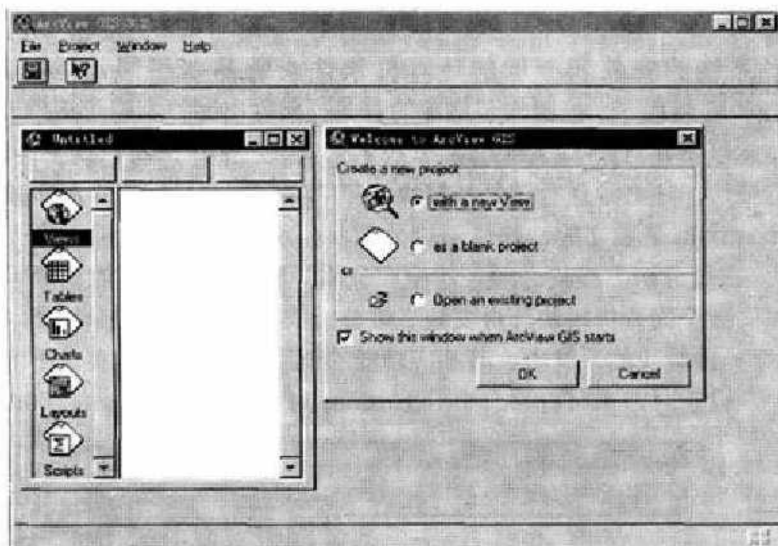
1）系统进入运行的初始界面

打开 ArcView 系统，首先呈现在用户面前的是如下所示的一个项目管理器和欢迎对话框（图 1-5）。

这时，用户面临三种选择：① 建立一个新的视图；② 建立一个新的项目；③ 打开一个已有的项目。

这是一个模式对话框，用户必须有所应答或关闭该对话框方可进行下一步，但用户可去掉该对话框最后一行检查框中的选定标记，在以后的启动中就不再出现该对话框，而直接到菜单栏中选取相应的菜单功能。

ArcView 以项目(Project)作为基本的应用单元，所以启动 ArcView 的同时也打开一个项目管理器，此时无论用户作何回答，该项目管理器都会进入管理状态。有关项目管理器的详细说明请参看随后的叙述。



2）建

当用 ArcView
则以缺省 View 1）
和一个问 作准备好
相应的菜

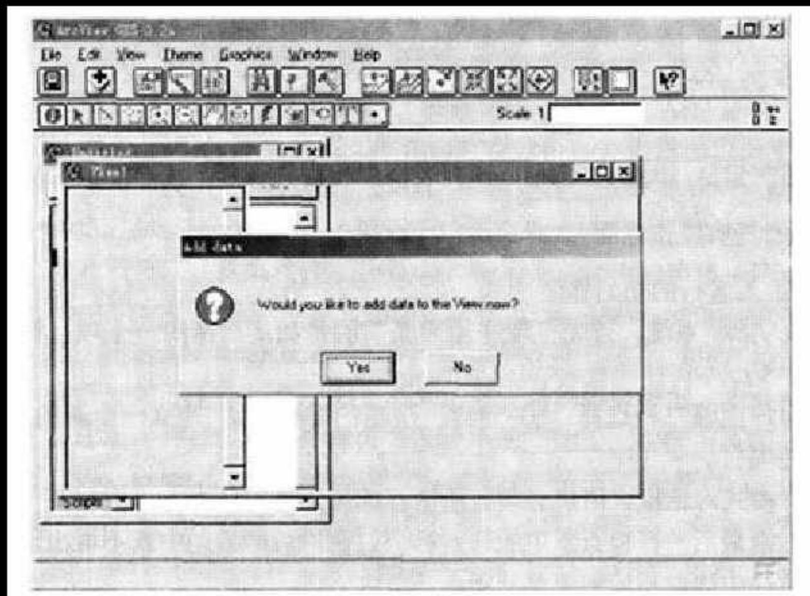


图 1-6　建立新视图

一般情况下，这时用户应进行空间数据的输入操作，如打开已有的 shape 文件或遥感影像文件等等，也可以直接创建这些 ArcView 文件，有关更详细的操作说明将在以

后的章节中讨论。

3）打开一个空项目

当用户选中该欢迎对话框的“as a blank project”——即打开一个空项目时，ArcView 则打开一个尚没有任何 ArcView 文档加入的项目窗口，以等待用户为其加入文档，或在该项目下建立新文档（图 1-7）。

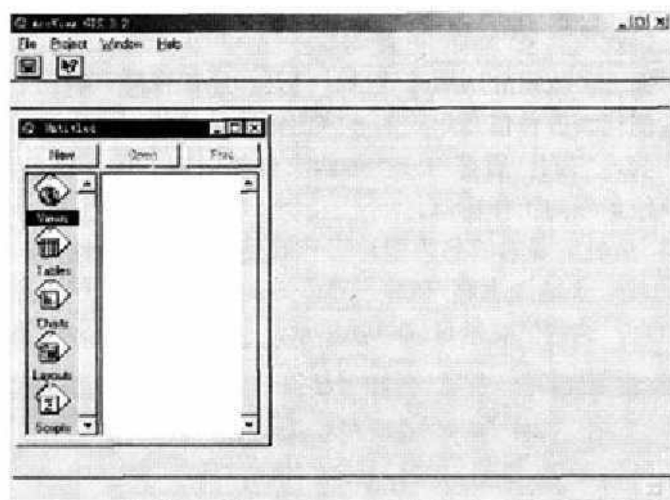


图 1-7　打开一个空项目

4）打开一个已有的项目

当用户选中该欢迎对话框的“Open an existing project”—— 即打开一个已有的项目时，ArcView 则打开一个打开项目对话框，打开项目对话框实际上就是一般的文件名输入对话框，用户可以在整个磁盘空间寻找要打开的 ArcView 项目文件（扩展名“.apr”）（图 1-8）。

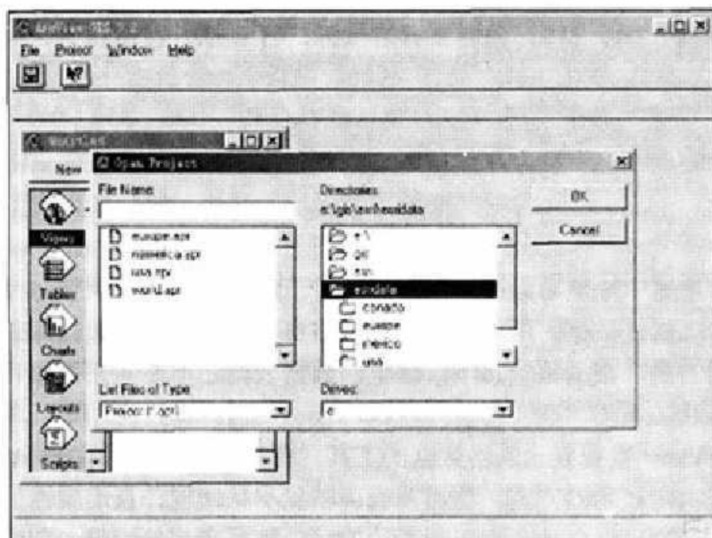


图 1-8　打开一个已有的项目

5. 关于项目管理器

ArcView 中的项目管理逻辑上是管理着服务于同一应用目的的一组 ArcView 文档，所以，项目管理器可以对视图（Views）、表格（Tables）、图表（Charts）、图版（Layouts）、脚本（Scripts）等信息形式进行管理，它们都是同一项目下，为某种应用而组织起来的原始信息或派生信息。如果系统还加用了其他的功能模块，项目管理器管理的信息形式还可能增加，如三维视图（3D scenes）等。

项目管理器上部三个按钮分别用来建立、打开和添加视图、表格、图表、图版、脚本等，具体要看左侧代表各种信息形式的那些图标的选择状态。管理器中列表框则显示该项目下已有的内容，它们一般都与一个磁盘文件相对应。选择该内容并执行“打开”命令，就会打开该信息项的工作窗口。

视图（Views）是最重要的信息类型，它一般是矢量或栅格地图的电子展示。它可以组合同一地域的若干个地图主题（Theme），如高程、水系、居民点、道路、土地利用、行政区界等信息，这些信息既可以单独显示，也可以组合显示（图 1-9）。

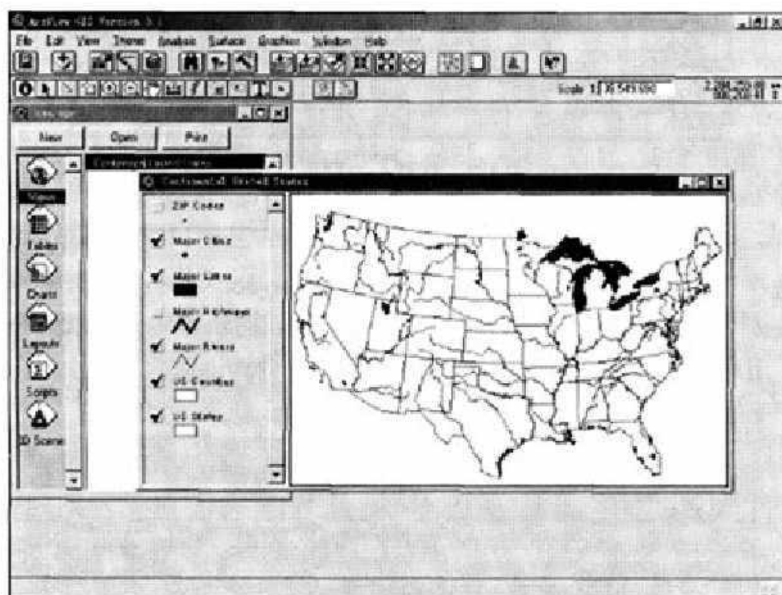


图 1-9　视图中的主题及其组合显示

表格对应着主题中地理对象的属性信息。对于绝大多数的地理信息系统来说，都使用关系数据库管理属性数据，所以，这里的表格实际上也是属性数据库中相应数据表格的映射。所不同的是，在浏览状态下，这里的数据表格还不能随意操作，如更改、添加和删除等（图 1-10）。

图表是 ArcView 直观显示表格数据的工具，图表可以利用已有的 ArcView 表格数据，图表的类型决定显示的方式。使用图表可以显示、比较、查询属性信息，如点击饼图中的某一扇片，则可以自动查询出其表达的记录数据或其他信息。图表是动态的，因为图表表达的是表格数据的当前状态，对表格数据的改动，都会自动反映到图表中。

ArcView 的图表有面积图、柱状图、线图、饼图和 x、y 散点图六种类型，本书第三章有更详细的介绍及使用说明。

Shape	Name	State_name	State_fips	Cnty_fips
Polygon	Lake of the Woods	Minnesota	27	077
Polygon	Ferry	Washington	53	019
Polygon	Stevens	Washington	53	065
Polygon	Okanogan	Washington	53	047
Polygon	Pend Oreille	Washington	53	051
Polygon	Boundary	Idaho	16	021
Polygon	Lincoln	Montana	30	053
Polygon	Flathead	Montana	30	029
Polygon	Glacier	Montana	30	035
Polygon	Toole	Montana	30	101
Polygon	Liberty	Montana	30	051
Polygon	Hill	Montana	30	041
Polygon	Sheridan	Montana	30	091
Polygon	Divide	North Dakota	38	023
Polygon	Burke	North Dakota	38	013
Polygon	Renville	North Dakota	38	075

图 1-10　ArcView 表格

图版是一种文档，它综合多种 ArcView 文档以及制图要素（如指北针、比例尺条等）和图形（如边框、徽标等）生成高质量地图。

脚本文档类似于文本编辑器，利用它可编写 Avenue 程序。Avenue 程序可以以自动化方式完成各种任务，为 ArcView 添加新功能，当然也可创建应用。

6．使用 ArcView 的帮助系统

ArcView 提供了内容完善、功能强大和形式广泛的联机帮助系统，既有主题解释，也有举例说明。不管是在 ArcView 窗口还是在各文档窗口的菜单栏中，其最后都有“帮助”（Help）菜单，并且在按钮栏中都有帮助按钮。

在 Windows 中，ArcView 的联机帮助系统与其他 Windows 应用程序的帮助系统一样，采用超文本结构，提供非线性路径查询，因而能够帮助用户迅速找到问题的类别归属，然后按系统指出的步骤，引导用户进行正确的操作。

1）ArcView 帮助系统的进入

进入 ArcView 帮助有以下几种方式：① 通过菜单使用帮助。用鼠标单击菜单栏上的“帮助”，或按 Alt＋H 组合键，都将打开帮助菜单；② 使用工具栏上的帮助按钮 获得帮助。单击工具栏上的“帮助”图标，然后用鼠标单击某个菜单项、按钮、工具或某个窗口，或按 F1 键，系统将显示关于该控件或当前窗口的帮助信息。

2）ArcView 帮助系统的使用

如图 1-11，ArcView 的帮助菜单提供了三个选项：帮助主题（Help Topics）、如何获得帮助（How to Get Help）和关于 ArcView（About ArcView），其中除 About ArcView 是提供有关 ArcView 的版本、权属声明等相关信息外，前两项都是与帮助系统有关的选择。

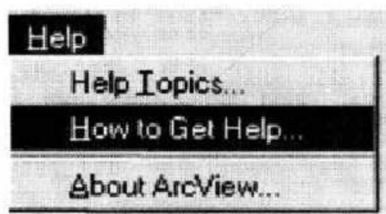


图 1-11　ArcView 的帮助菜单

（1）选择“帮助主题”

如果选择了帮助主题，ArcView 将打开帮助主题对话框。该对话框含有两个选项卡。选择“目录”选项卡，ArcView 将打开“目录”对话框（图 1-12），在目录对话框的列表中滚动，查找到相关帮助的标题，双击该标题，即可打开其下一级标题，直至查找到具体的帮助内容。再按 Enter 键或单击该标题或目录对话框下部的“显示”按钮，系统将显示有关的帮助信息。



图 1-12　ArcView 的帮助目录

选择“索引”选项卡，ArcView 将打开“索引”对话框（图 1-13）。在索引对话框的列表中滚动，查找到相关帮助的主题词，双击该主题词，若该主题词惟一，系统就会显示有关的详细信息，否则会出现“找到的主题”对话框，在该对话框内进一步选择要求解释的主题词，再按 Enter 键或单击该主题词，系统将显示有关的详细信息。



（2）选择“

如果选择了 助系统的“How to Get Help”主

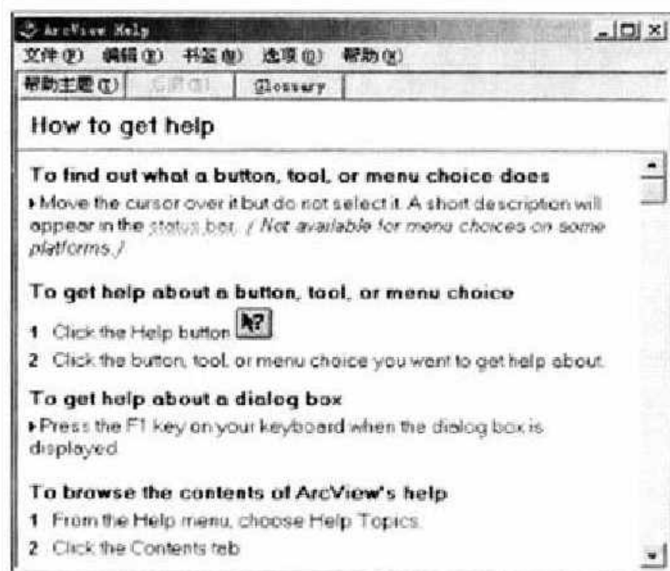


图 1-14 ArcView“如何获得帮助”的帮助信息

3）使用 Glossary 快速获得有关专业词汇的解释

选择如何获得帮助或用 F1 键打开 ArcView 的帮助系统，再选择“Glossary”，ArcView 系统将打开一个“ArcView Glossary”对话框（图 1-15）。

使用该对话框，根据要查找专业词汇的第一个字母，在该窗口上部选择与该词汇第

一个字母相同的字母，帮助系统将在词汇列表中列出与第一个字母相同的所有词汇，您可以从中查找到您需要了解的词汇而获得帮助，也可以直接在词汇列表中滚动，查找到您需要了解的词汇的解释信息。



图 1-15　Glossary 对话框

第二章 “项目”、“主题”与“视图”

ArcView 通过项目（Project）组织应用，而以主题作为基本的信息组织单元并形成对项目中信息的完整表达，而视图则是用于展示地图的窗口，以下就这些概念进行详细说明。

第一节 ArcView 中的项目及其管理

1．ArcView“项目”的概念

ArcView 中，项目是为了某种应用而组织起来的信息、处理及展示的集合。或者更通俗地说，ArcView 中的项目，就是用户在 ArcView 下创立的一个应用。

项目是 ArcView 处理和操作的基本对象，在 ArcView 中，用户只能针对项目进行有关的操作。而且在 ArcView 进程中的任何时候，也都只能有一个项目（当前项目）处于活动状态，且也只有处在活动状态中的项目，才能接受用户发出的指令。

正是由于 ArcView 中的任何操作都是针对项目进行的，所以在 ArcView 软件环境中，如果用户关闭了所有的项目，也就同时关闭了系统除建立新项目和打开一个项目外的几乎所有操作（图 2-1）。

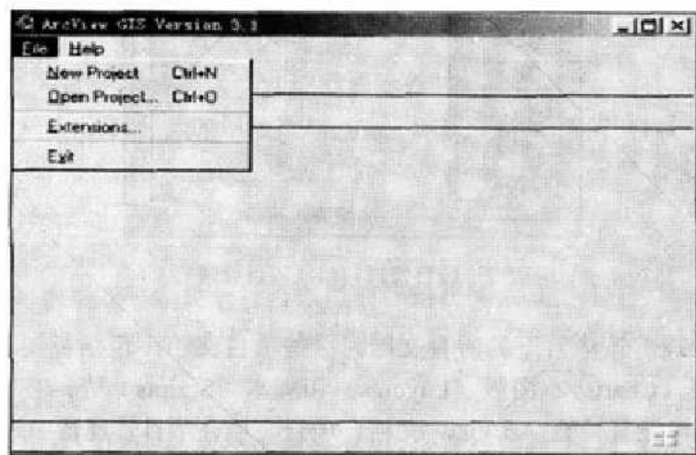


图 2-1 无当前项目时的系统界面

2．项目文件（Project File）

ArcView 中，项目实际上通过“项目文件”保留了 ArcView 一组文档的工作状态，包括它们的显示位置、当前选择集、应用窗口的布局等。当保存一个项目时，这些信息都随项目文件保存了下来，而当打开该项目时，这些信息又都按其原来的状态打开或显

示。

项目文件（后缀“.apr”）是一种 ASCII 格式文件，可以用一般的文字编辑程序对之阅读和修改，其实，项目管理只是在逻辑上将可能处在不同磁盘位置的 ArcView 文档组织到一起，至于这些文档在专业应用中的联系性质，只有依靠用户自行掌握。

一般情况下，一个项目应是围绕同一地域、同一应用目的的相关文档的集合。也就是说，一个项目中的所有文档，均对应着同一个地理区域，并都是为某一具体应用而组织起来的，从而体现出项目作为应用的目的性。不对应同一地域的 ArcView 文档，必须进行地理关联，才能将它们置于同一项目之下进行地理分析。

保存项目时，项目中的视图、表格、图表、图版等所有文件均被保存，<Project>.apr 文件被更新，并且当前各窗口的位置，特征选择、主题显示及使用的符号、颜色等均随项目文件而被记录。

3. 项目窗口（Project Window）

ArcView 中的一个项目对应着一个项目窗口（或称为“项目管理器”），如图 2-2。



图 2-2 项目管理窗口（项目管理器）

项目窗口管理着该项目下的所有文档。这些项目文档，包括视图（Views）、表格（Tables）、图表（Charts）、图版（Layouts）和脚本（Scripts）等，在启动其他扩展模块的情况下，还可能有其他 ArcView 文档。项目文档在项目管理器中进行打开、添加、删除等操作。至于这些文档具体的信息内容，我们将在后面的章节中介绍。

第二节 主 题（Theme）

1. “主题”的概念

ArcView 中的主题（或“专题”），是项目下一组相关信息的集合。这和一般 GIS

中用到的数据“层”或数据“平面”的概念基本类似，但是在 ArcView 中的一个主题，要求有统一的实体类型属性，即一个主题中的所有对象，只能是点元、线元、面元或栅格图像中的一种，而不能是它们中几种类型的混合。这实际上也规定了主题具有的类型属性。

在主题信息的组成上，除包含主题中各地理实体的空间信息外，还包含各地理实体所对应的属性信息，所以也可以说，一个 ArcView 主题是客观地理实体空间特征及其各种属性的组合。每一主题都必须有一个名称，并在一个“视图”中对其显示（但在某时刻不一定处于显示状态）。

2. 主题的空间数据源

ArcView 的“主题”所包含空间数据的来源可以是：

1）ArcView 的 Shape 文件

这是 ArcView GIS 的特有数据格式，用于存储空间数据和属性数据，Shape 文件一般是通过绘图操作——即通过绘图操作添加特征逐步建立的，但也可以通过已有的空间数据来创建。Shape 文件进行地图信息的显示速度快，而且可以对其空间位置特征及属性数据进行修改和编辑，是 ArcView 主要的空间数据格式。

2）Arc/Info 的 Coverage

Arc/Info 的 Coverage 是各种 GIS 平台广泛使用的一种空间数据格式，Coverage 可以作为 ArcView 的主题直接使用。编辑基于 Coverage 的主题，首先应先将该主题转换成 ArcView 的 Shape File（详见后面有关章节的叙述）格式。

3）Map Libralan 图库和 ArcStorm 数据库图

通过将层（Lay）加载为主题，ArcView 可以显示 Map Libraian 图库和 ArcStorm 数据库图。

4）计算机辅助设计（CAD）的数据交换文件

通过使用 CAD Reader 扩展功能，ArcView 可以将计算机辅助设计的数据交换文件创建为主题，ArcView 支持 MicroStation DGN（Windows 平台）格式文件及 CAD 的两种形式的绘图文件——DWG 格式（Windows 平台）和 DXF 文件。

5）空间数据库引擎（SDE）的层

ESRI 的空间数据库引擎是一种可以提取存储在关系数据库中的地理特征的独立产品，用 ArcView Database Themes 扩展功能模块可以将 SDE 的层读成 ArcView 的主题。

3. 主题的其他数据源

除以上所列出的空间数据外，影像数据和表格数据也可以是 ArcView 主题数据的来源。

1）影像数据

影像数据就是基于格网（cell）的数据，其每一格网或像元（pixel）在计算机内部都是可访问的——即可操纵的。GIS 中常用的影像包括卫星影像、航空照片、扫描所获得的图像文件及其他图片等。

ArcView 中影像通常是以“背景”的形式被使用的，ArcView 也可以通过该“背景”

提取需要的空间数据。

ArcView 可以将下列格式的影像数据读成主题：

.Tiff 压缩格式 Tiff/Liw

.ERDAS　IMAGINE（需要有 IMAGINE 影像扩展功能模块的支持）

.BSQ BIL 及 BIP

.Sun Raster file（栅格文件）

.Bmp

.游程编码压缩文件

.Jpeg（需要有 Jpeg 影像扩展功能模块的支持）

.Image Catalogs（影像目录格式）

.Arc/Info 的 Grid

2）表格数据

表格数据一般存储地图特征中与空间属性无关的“属性”数据，将这些数据关联到主题上，可以显示地图对象的属性信息或者查询其对应的主题特征。

第三节　视　图（View）

ArcView 中的视图，就是用以显示地理实体空间特征的图形窗口。ArcView 在主题中连接空间特征及其属性，并在一个视图中对它们进行管理。

视图也是地理信息可视化的最终实现，它在形式上类似于地图，但它包含的信息内容（即主题）可以是隐含的，只是在必要时显示在图中。如下面的视图（图 2-3），包含有城市、主要河流、主要城市及国家等主题，而显示在视图中的，却只有国家一个主题。当然，通过选择主题列表旁的选择框来选择未被选择的其他主题，并且视图中信息的选择是可以任意组合的。

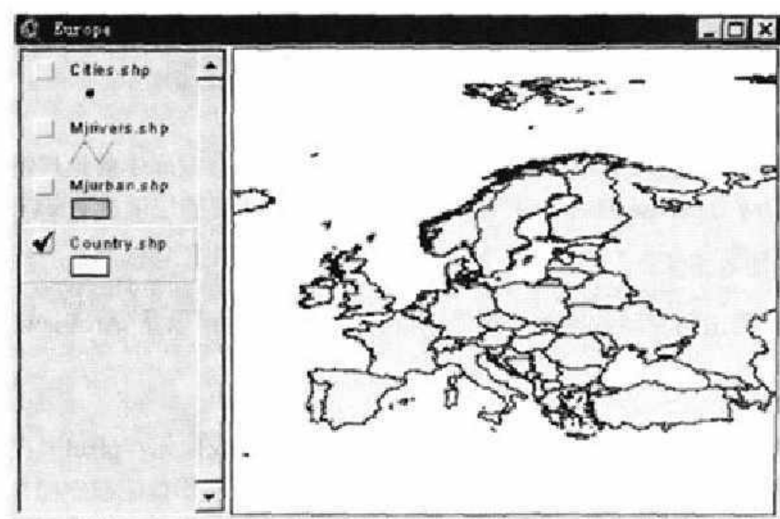


图 2-3　ArcView 中的视图

1. 视图创建与主题添加

在项目管理窗口中，选中视图，再执行 New 命令，即可创建一个视图。在一个项目下可以有多个视图，缺省的视图名称分别为 View1，View2，View3 等等，但利用视图属性对话框可以改变视图的这些名称。

新建的视图是不包含任何主题的空视图，其特征主题需要用户逐个添加。但一旦在项目中添加了视图，则视图名称立即会被列在项目窗口中。

1）给视图添加特征主题

如前所述，特征主题源于诸如 ArcView Shapefile，Arc/Info 的 Coverage， CAD 绘图文件，Arc/Info 图库及 ArcStorm 数据库的图层等格式的空间数据。

给视图添加特征主题，可以使用 View 菜单下的“Add Theme”菜单项，也可以直击工具栏中的“Add Theme”按钮，在“Add Theme”对话框中，选定数据源类型（Data Source Type）。数据源类型有两种选择，feature data source（特征数据源）和 Image data source（影像数据源），用户可根据添加数据源的类型选择其一。

在“Add Theme”对话框中，选择好数据源类型后，按住 Shift 键，可以一次选择多个数据源，从而添加多个主题（图 2-4）。

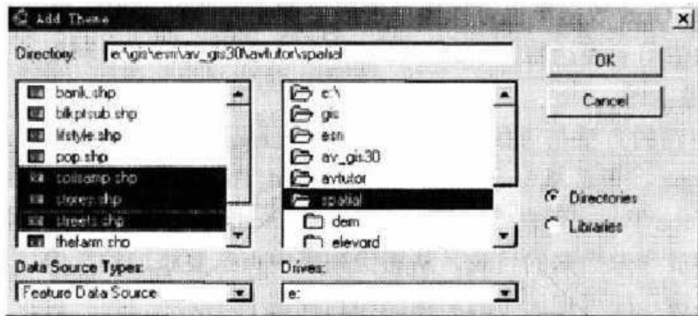


图 2-4 选择数据源与主题的添加

另外，添加到视图中的主题并不立刻显示，但其名称已出现在视图的主题列表中，用户需要显示时，只需点击主题显示状态框即可。

2）多类型特征的数据源

在 ArcView 的一些数据源中，其绘图文件可能包括不止一个特征类型，如 Arc/Info 的 Coverage，CAD 图形数据交换文件等。而在 ArcView 中，每一个主题只能有一个特征类型，这就要求 ArcView 在使用这些数据源时，只能选择其一作为该主题的特征类型。如果这些信息都需要时，可以通过多次选择，从而添加为多个主题。表 2-1 为 Arc/Info 特征类型与 ArcView 特征类型的对应。

表 2-1 Arc/Info 特征类与 ArcView 特征类型的对应

Arc/Info 特征类型	描　述	对应的 ArcView 特征类型
点（points）	表示离散位置的特征	点（points）
弧（arcs）	表示线性特征	线（lines）

Arc/Info 特征类型	描　　述	对应的 ArcView 特征类型
多边形（polygons）	表达由指定边界封闭起来的区域	多边形（polygons）
标识点（label points）	多边形中的点与多边形属性一致	点（points）
节点（alodes）	弧特征的端点	点（points）
路径（routes）	由一条或多条弧构成的线特征	线（lines）
区域（region）	由一个或多个多边形构成的多边形特征	多边形（polygons）
注记（annotation）	存储在 Coverage 中用于标识特征的文本	文本（text）

当数据源中含有多个特征时，数据源名称左侧有一文件夹图标显示，单击该文件夹可打开数据源中的所有特征。另外，在帮助系统的 CAD Drawings and ArcView Features Class 主题下有 CAD 实体类型与 ArcView 特征类型对应关系的详细说明。

3）给视图添加“影像”主题

影像是以规则格网（Grid）或行列矩阵形式存贮的数据集合，如航空像片或卫星影像数据。空间信息以影像中的每一网格（Cell）存贮由光学设备或电子设备记录的值。在 ArcView 中，这些数据都可以作为主题添加到 ArcView 的项目中。

Arc / Info 的 Grid 数据集也可作为单波段影像主题添加到视图中，在 Arc / Info grid 中，每一网格的值用于表达特定的地理特征，如土壤类型、土地利用、高程、坡度等。

4）添加影像主题

添加影像主题的方法与添加其他形式数据源主题的方法类似，首先激活视图，然后点击 Add Theme 按钮或从 View 菜单中选择 Add Theme 项，Add Theme 对话框出现，然后在 Data Source Types 列表中选择 Image Data Source 选项，接下来用 Add Theme 文件浏览器找到存放影像数据的目录，从影像列表中点击要添加的影像，再点击 OK 按钮或双击该影像名称，即可把选中的影像添加到视图中。

5）由 x，y 坐标对生成主题

包含 x、y 坐标对的表格称为事件（Event）表格。在 ArcView 中，也可由事件表格生成主题，使用事件表格可以显示以非空间数据格式存储的含有地理位置信息的数据。

坐标文件存贮着以 x、y 坐标对方式表达的地理特征的准确位置，这些坐标可以通过读图、在视图上测量位置、野外测量、GPS 等方式获取，坐标对的坐标体系和单位可以是任意形式的，可以是经纬度，也可以是米。

Info、Dbase3、Dbase4 或其他以 Tab 或逗号分隔的文本文件，均可以以表的形式读入到 ArcView 项目中。ArcView 逐行读取文件，每一分隔符或逗号后的文本放入一个独立的格网中，文件的第一行作为表格的字段名。

表格添加到项目中后，在 View 下拉式菜单中选择 Add Event Theme 项，然后用 Add Event Theme 对话框可以由表格创建一个点的主题。

第四节　主 题 表 (Theme Table)

在 ArcView 中，每一个基于空间数据源（Arc / Info 的 Coverage、ArcView 的 Shapefile

等）的主题和基于含有地理位置的表格数据源的主题（事件主题），均具有一个“主题表”，ArcView 通过主题表来描述地理对象的属性，这也就是我们通常所说的“属性表格”。但影像主题由于不存在独立的地理对象而无法建立这种关联，因而也就没有主题表。

对应于主题中的每一个地理对象，主题表中都有惟一的记录描述该对象的有关特性和属性，反过来，主题表中的每一个字段都对应着其所反映主题的某一属性值。

一旦把基于空间的或表格的（含有空间坐标）数据源加入视图后，即可点击 Open Theme Table（打开主题表）按钮以访问主题表。ArcView 系统自动管理主题中地理对象与其属性间的关联，故用户无需单独加载主题表到 ArcView 中。

对于通过不同途径建立的主题，其对应的主题表可能包含有不同的特殊字段，一般存在下列情况：

Shape 字段

由空间数据或含有空间坐标的表格数据创建的主题，其主题表均含有一个 Shape 字段，该字段用以存贮主题中每个对象的类型（点、线或面），该字段也是主题表区别于 ArcView 中其他表格的标志字段。

几何特征字段

当主题是由 Arc / Info 的 Coverage 建立时，其主题表中含有几个几何特征字段，这些特征项随主题特征的类型不同而有所改变。

标识字段

由 Arc/Info Coverage 创建的每个地理对象有两个标识：Coverage # 和 Coverage-ID（PC Arc / Info 中是 Coverage—和 Coverage-ID），其中 Coverage 为实际应用中层的名称。

实体字段

CAD 绘图文件数据源的主题也有一相应属性表用以存贮实体特征，如实体颜色、线划类型、高度、粗细等等。其属性表中的一个记录对应主题中的一个特征。

第五节　主题的地理关联与视图投影

1. 主题的地理关联

大多数情况下，GIS 中创建的地图都被映射为地球表面空间的一部分，这就要求建立二者之间的关联。但对于某些应用，如房屋平面图及一些只要求标明内部地理实体空间相对位置关系的小范围地图等，也可以不建立这种关联。

建立主题地理关联的方法很简单，只要将主题中的坐标系转换为地理坐标系（即以经、纬度表示的格网）即可。因为经、纬度就是对地球表面的特定划分，其值与地球表面的空间位置是一一对应的，所以这种关联在概念上很容易理解。

2. 视图投影

稍有地图知识的人都知道，将地面的地理信息映射到地图平面，必须经过投影处

理，因为地球的表面是一个椭球面而非平面，这有点像一个展开的橘皮，不能既无裂缝又无重叠地展开成为一个平面一样。同样，在 ArcView 中，视图是在二维坐标空间内描述地理空间及其所包含的地理实体的，当视图中所表达的地理区域已不能用二维平面简单概括时，只建立主题的地理关联是不够的，还需要为视图设置投影。

地图投影是一个用于在平面地图上表示地球曲面的数学公式。没有一种平面投影能够完全精确地表示地球的曲面，所以人们开发出了不同的地图投影以适应特定的应用目的。按变形的性质，地图投影可分为等角投影、等积投影、等距投影和任意投影等。尽管有些组合（如面积和方向）可以同时被保留，但没有一种投影可以完全保留这所有的特性。在建立 ArcView 的视图时，首先应该确定对应用而言最应该保留的特征是什么，然后在此基础上选择一种可以最好地保留这种特性的投影。

3. 为视图设置投影

为视图设置投影的方法如下：

（1）从视图菜单，选择属性（Properties）。

（2）在出现的对话框中（图 2-5），看是否已经为视图指定了一个投影。如果已经设置一个投影，投影的名称将出现在对话框 Projection（投影）按钮的上方（在图 2-5 中，还没有设置投影）。

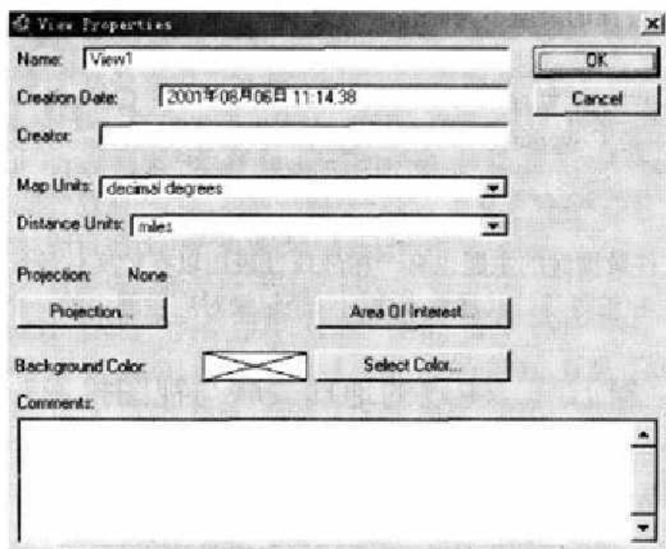


图 2-5　设置视图投影

如果没有为视图指定当前投影，设置地图单位为十进制（注意：如果你使地图单位保留为未知，ArcView 仍将允许你投影该视图，但切记视图中的数据必须是十进制才能正确地投影）。

如果一个投影已被指定，不要将地图单位设置为十进制。这是因为此时地图单位域将显示单位（例如米），视图中的十进制数据现在已被投影。

（3）单击　Projection（投影）按钮。

（4）出现一个对话框，选择能最好描述制图区域的类别。

（5）从投影的下拉列表中，选择想使用的投影（这个下拉列表中的可选项将根据选择的类别而有所不同），你选择投影的预定义参数将在对话框中被显示出来。

（6）在投影属性（Pojection Properties）对话框中，单击 OK，选择投影的名称出现在视图属性（View Properties）对话框中，ArcView 自动设置地图单位为米，表明该视图将被投影为"米"地图单位。如果要使用不同的地图单位（如英尺）投影，从地图单位的下拉列表中选择该地图单位。

（7）单击 OK，ArcView 将使用选择的投影重绘该视图。

有时，可能需要重新设置一个视图使之没有使用地图投影，一般可按下列步骤进行操作：

（1）从视图菜单中选择 Properties（属性）。

（2）在 View\Properties（视图属性）对话框中，单击 Projection（投影）按钮。

（3）在 Projection Properties（投影属性）对话框中，如果定制投影面板当前已显示，单击标准单选框，如果投影类别尚未设置成世界地图的投影，请将其设置为世界地图投影。

（4）设置类型为无。

（5）在 Projection Properties（投影属性）对话框中，单击 OK。

（6）在 View Properties（视图属性）对话框中，单击 OK，ArcView 将以不使用地图投影方式重绘视图（经／纬度坐标系被当作平面 x、y 坐标处理）。

此外，也可以简单地将地图单位改变为十进制度，以重新设置一个视图使之没有地图投影。

4．定制一个地图投影

通过定制一个投影，可以选择一个投影的参数以适合需要。欲了解不同投影参数的含义，可在 ArcView 联机帮助文档中找到。

定制一个地图投影的操作如下：

（1）从视图菜单中选择 Properties（属性）。

（2）在出现的对话框中，单击 Projection（投影）按钮。

（3）在 Projection Properties（投影属性）对话框中，单击 Custom（定制）按钮。

（4）从投影下拉列表中，选择所需要的投影，可供选择的投影参数将显示出来。

（5）选择要使用的椭球体（Spheroid），并从键盘输入所需要的其他参数。

（6）单击投影属性（Projection Properties）对话框中的 OK。

（7）单击视图属性（View Properties）对话框中的 OK，ArcView 使用选择的投影重绘视图。

5．ArcView 中可供选择的地图投影

ArcView 支持大量的预定义了投影参数的标准投影，例如中心子午线（Central meridian）和标准纬线（Standard parallel），当选择一个投影时，可以定制这些参数，ArcView 按照它们被应用的编图区域，对其进行编组。

（1）世界地图的投影包括：

- Bahrmann
- 等面积圆柱
- Hammer—Aitoff
- Mercator
- Miller 圆柱
- Mollweide
- Peters
- Plate Carree
- Robinson
- 正弦曲线（Sinusoidal）
- 从空间看到的世界（正交投影）

（2）一个半球的投影包括：

- 等距离方位角（赤道、北极、南极）
- 日晷（赤道、北极、南极）
- Lambert 等面积方位角（赤道、北极、南极）
- 正交投影（倾斜）（赤道、北极、南极）
- 立体图像投影（赤道、北极、南极）

（3）美国的投影和坐标系包括：

- Albers 等面积（阿拉斯加、美国主体、夏威夷、北美洲）
- 等距圆锥（美国主体、北美洲）
- Lambert 等角圆锥（美国主体、北美洲）
- 州平面（1927，1983）
- UTM

（4）国际坐标系包括：

- UTM

（5）国家方格网包括：

- 英国
- 新西兰
- 马来西亚和新加坡
- 文莱

在 ArcView 的联机帮助文档中，可以找到每一种投影和坐标系的详细信息，对于每一种投影的帮助主题，都将注解它是何种类型的投影，以及它保留面积、形状、距离及方向的情况，还会注解它的局限性，以及它的典型用法和应用。在联机帮助文档的索引中还可以查找到它们的名称。

此外，设置视图投影时，还需注意以下问题：

（1）如果空间数据以经纬度的十进制度格式存储（即还未投影），可以使用 ArcView 提供的任意一种投影来显示数据。如果空间数据不是以十进制度格式存储，则它已经被投影。在这种情况下，ArcView 简单地以原方式显示数据。在这种情况下，你不能使用

不同的投影方式来显示这类数据。

（2）如果在视图中空间数据的地图单位是米、英尺、公里或英里等，在 ArcView 中这类数据是不能被投影的，在这种情况下无需考虑为视图选择一种地图投影。

（3）如果在视图中空间数据是十进制度的格式，可以考虑是否要选择一种地图投影。也可以不选择地图投影，因为不需要指定投影，在 ArcView 中十进制度的数据也能很好地工作，ArcView 会简单地将经 / 纬度坐标作为平面 x，y 坐标系处理。如果应用不要求高水平的定位精度，或者不执行基于位置和距离的查询，或者仅仅需要一幅简图，那么可以不使用投影。除上述情况外，对于其他方面应用，地图覆盖的面积比较小，或者主要是了解每个要素之间的相对位置，而不是绝对位置或它们彼此之间的距离，使用者是否选择投影可能并不很重要，但通常必须选择一种地图投影。

（4）确定在一个视图中使用的数据是否是十进制格式也很重要，如果对一个包含不是十进制度格式的空间数据的视图进行投影，那么就会得出错误的结果。

第三章 “主题”的展示

在 ArcView 中，要将项目中的主题艺术地展现在视图窗口，需要用到 ArcView 的地图编辑功能，而这些几乎都是通过图例编辑来实现的。

第一节 图 例 编 辑

1．图例编辑器

ArcView 的地图编辑，主要是通过图例编辑器来实现的，它可以制作能向地图用户表达数据重要信息的可视化地图。使用图例编辑器，还可以选择图例类型，进行数据分类，修改图例中的文字，改变特征符号体系等等。而所有这些，又都可以在编辑过程中预览和修改，这样可以使用户充分发挥其设计才能，以实现其完美的地图版面设计。

要打开图例编辑器，首先应选中并激活要编辑的主题，并采用下列方法之一打开图例编辑器：

- 从 Theme 菜单中选择 Edit Legend 项
- 点击图例编辑按钮
- 在目录表中双击主题的图例

以上打开方法中，以在目录表中双击主题图例的方法最为快捷和直接。这时，出现图例编辑器对话框（图 3-1）。

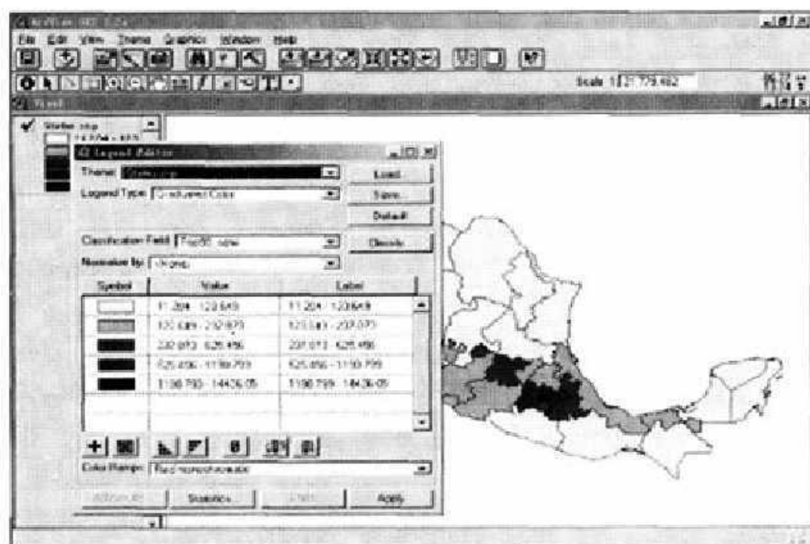


图 3-1 图例编辑器

图例编辑器中，主题（Theme）栏显示着正在使用着的主题名称，图例类型栏（Legend

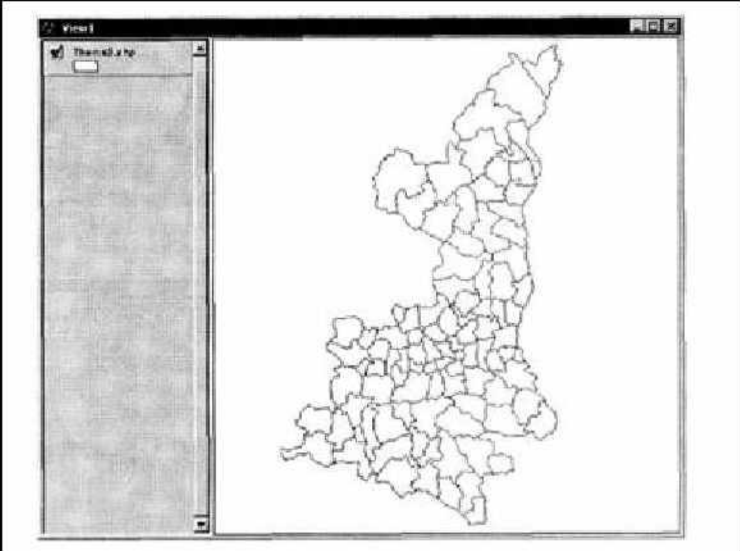
Type）显示着这个主题当前显示着的图例类型(本例中为分级颜色类型)。符号栏的注记栏中可键入对该符号表示地物的描述，在视图表的目录中，主题名称的下部将显示这一描述信息。

2. 图例的类型

制图的第一步是先确定选择那一种图例类型，ArcView 提供了如下六种图例类型。

1）单一符号（Single symbol）

单一符号是 ArcView 的缺省图例类型，它用同一种符号显示所有主题特征，这种图例类型在只需显示主题特征的位置而不需显示其他特征属性时特别有用（图 3-2）。



2）单

对于 最适宜于表达类别数

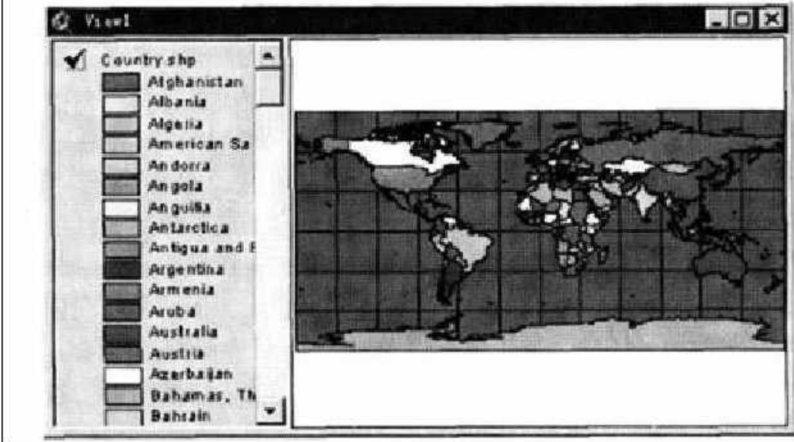
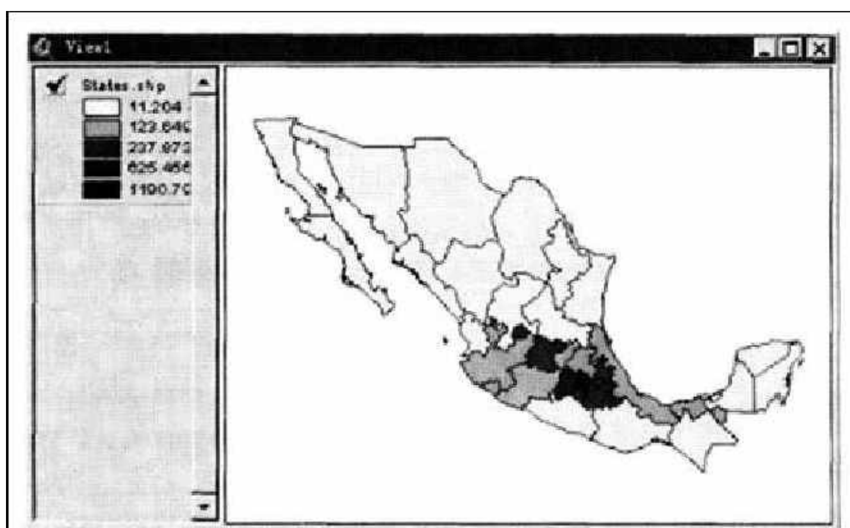


图 3-3 单值图例

3）渐变色

用一段范围内的颜色来显示特征，主要用于表示有级别划分或数值值域的数据如温度、人口、积温等（图 3-4）。



4）

（1）表达数据大、小或

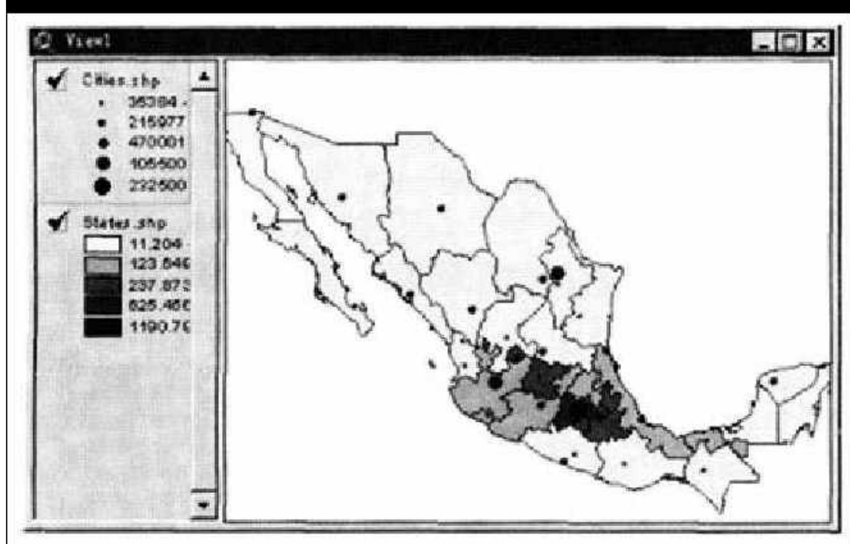


图 3-5 渐变符号图例

（2）点密度。多边形主题特征的某一属性项的值，可用多边形内的离散点来表示，点的密度表示多边形属性值的大小，它适宜表示诸如人口、产值、林场等属性在全区域内的分布情况。例如在描述人口分布的点密度图中，点密度高的地区代表人口密集区，

如河流沿岸、沿海、平原等。

5）图表符号

用饼形或柱状符号可以同时显示特征的多个属性，饼图的每一扇或柱形图表的每一条分别表示每一种属性，其大小表示属性值的大小，它适宜表示多项属性值之间的对比，如产业结构、作物种植结构、自然保护区中各野生植物类型数量对比等等。

在以上图例类型中，有的图例符号显然不适宜于表示某一些数据——如不能用点符号表现线要素等。

此外，使用渐变色或渐变符号图例时，用户要确定如何进行数据分类，分类方法不同，则会产生不同的数据分类结果。

3. 数据分类

用图例编辑器中的 Classify 按钮可以改变 ArcView 中的数据分类方法和分类数，方法是首先选定拟进行分类的属性项，然后在图例编辑器中点击 Classify 按钮打开分类对话框（图 3-6），最后在对话框中用选择不同的数据分类方法、分类数及四舍五入的方法，而 ArcView 对数据的分类数并无限制。

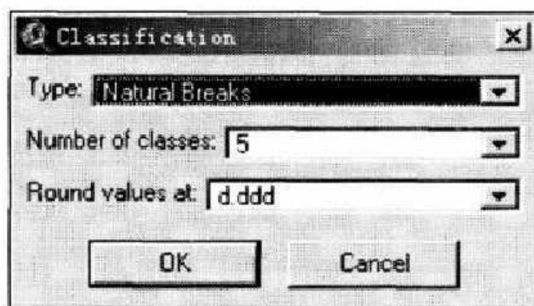


图 3-6　分类对话框

1）数据分类方法

ArcView 提供了以下数据分类方法：

（1）自然间断法。在不指定数据分类时，ArcView 采用缺省的数据分类——5 类自然间断分类方法，该方法通过标识数据值之间的间断点建立分别包含一系列值的类别；

（2）等间距法。将属性值范围划分为等大小的子域，每一子域即为一类；

（3）等面积法。该方法对多边形特征分类，各类中所有特征面积之和近似相等。ArcView 首先确定有效数据多边形总面积，然后除以分类数，即得到每类的总面积。

（4）标准差与数据统计方法。用标准差方法进行数据分类时，ArcView 首先确定特征的平均值，然后在均值附近（上和下）1/4，1/2 或 1 个标准差的间隔设置分类断点，ArcView 将平均值上或下超过三个标准差的值分成两类。

同时，点击图例编辑器中 statistics 按钮，即可显示分类字段值的统计情况，统计内容有最大、最小、个数、总和、平均值、标准差等。

（5）数据归一化。ArcView 提供了两种数据归一化的方法：① 使用百分比：每一值除以总值，结果以百分数表示而不是以原实际值表示数据；② 除以其他属性项：将

分类项的值除以另一属性项数据，如可用人口数除以面积表示人口密度，用 GDP 除以人口数表示人均 GDP 等。

2）分类的操作

ArcView 提供几种修改分类的方式：

（1）添加或删减分类数。在图例编辑器中，用户可直接添加或删减分类对话框中的分类数以改变分类数。

（2）编辑值和标识。通过编辑值（Values）可以改变类之间的间断以建立自己的分类方案，编辑标识（Labels）可以改变目录表中主题图例中的文本。方法是在图例编辑器中点击要编辑的 Value 或 Label，输入改变内容，然后按回车键确认，再按"应用"按钮以新 Value 和 Label 刷新视图。

第二节　图例要素的修改和符号缩放

1．图例要素的修改

在 ArcView 中，通过修改图例要素可以定制地图显示，以设计出符合自己设计思想的主题地图。图例要素的修改仍在图例编辑对话框中（图 3-7）。

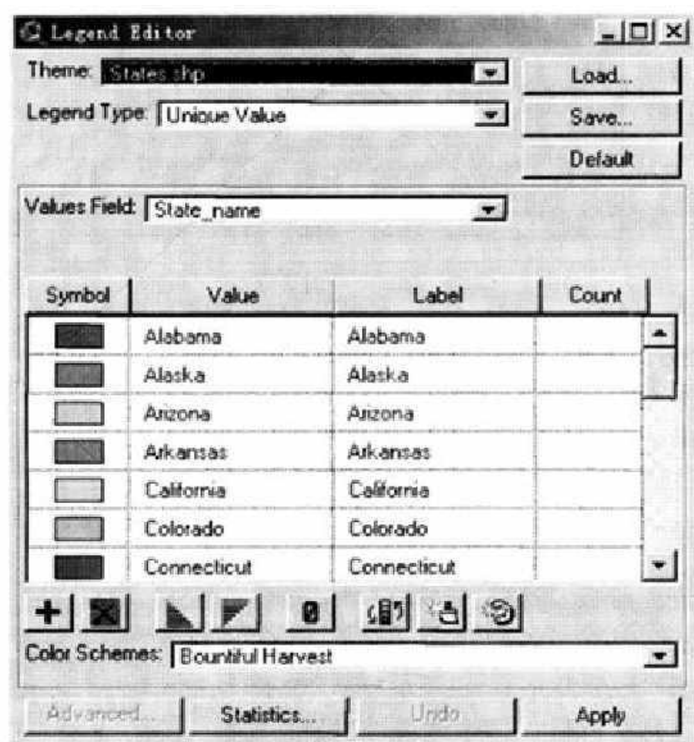


图 3-7　图例要素的修改

1）排序值和标识

用 Legend Editor 对话框下部的升序（Sort Ascending）和降序（Sort Descending）

按钮，可对 Value 和 Label 项重排序。也可以排序 Count 字段，Count 字段的惟一值显示图例类型。Value 和 Count 字段按数值排序，Label 字段按字母排序。

2）符号反转

在图例编辑器中点击反转符号（Flip Symbol）按钮，则可以反转 Symbol 字段中符号的顺序。如果符号颜色是由白到红、反转后则变为由红到白，符号反转后不改变每一类的 Label 和 Value 项内容。

3）颜色梯度

利用 Ramp Colors 按钮可在第一种与最后一种颜色之间，或者第一个颜色到图例中间其他一个选中颜色之间创建一个颜色梯度，也可在两个选中颜色之间或选中的中间颜色到图例的最后一个颜色之间建立颜色梯度。

4）Undo 按钮

使用撤消按钮可让用户返回上一个图例状态，使用该按钮可以翻看前 5 个图例状态。

2. 符号的改变和缩放

1）用符号窗口改变符号

使用几个不同的调色板（Palette）可以改变用来显示主题的各种符号，这些调色版统称为“符号窗口”。

一个调色板是一个符号或颜色的集合，它被保存在一个文件中，用户可以加载或创建这些文件。改变颜色要用不同的调色板，如多边形充填模式、线类型、点（Marker）符号及文本字体，通过选择这些调色板中的内容，可以定义充填颜色、加粗线条、改变线划颜色、改变点符号形状、大小、颜色、选择不同字体等。也可以把选中字体的字符转化为 Marker 符号。

使用调色板管理器可以加载、保存、消除、创建缺省的调色板或重新加载系统调色板，ArcView 配有多种附加调色板，可以满足多种应用需求。它们存放在符号目录或文件夹中，在 ArcView Palette File 帮助主题中列出了这些文件。GIF Macpant，Windows 位图，SunRaster 文件，TIFF 及 XBitmap 等格式的图标（Icon）文件可以通过 Palette 管理器输入到 ArcView 中。

注意：ArcView 的 Marker palette 现在使用 True Type 字符，但仍然支持原来的位图格式的 Marker。

2）符号的缩放

在某些应用中，视图放大时 Marker 或线符号相对较大是很有用的，用户可以选择 Marker 及线符号的缩放比例以适应视图比例尺改变。

缺省情况下，符号不缩放（视图比例尺改变时，符号保持原来大小）。在图例编辑器中点击 Advanced 按钮则可打开 Advanced Option 对话框，在 Advanced Option 对话框中，用户可以打开或关闭比例缩放。

在 ArcView 中，用户也可以为缩放符号设定参考缩放比例。缺省情况下，参考比例为视图的当前比例尺，这时显示符号大小同图例编辑器中的大小一致，放大时，比例尺变大，符号大小也跟着成比例变大。

3）旋转符号

用户可以旋转Marker符号。在Marker Palette中设定旋转角度，使用 Advanced Option对话框可以指定含有数字值的字段为旋转字段，ArcView 可用旋转字段中的值自动旋转Marker 符号。

4）平移线划

用户可以用固定距离平移线划特征，在 Advanced Option 对话框中输入平移距离（1 point=1 / 72 英寸）（1 英寸=2.5400 厘米），在屏幕上或打印图中，指定特征将根据该值平移离开其初始坐标位置。

此外，图例可以被保存下来，以便在另一主题中继续使用。符号图例也可保存，在这种图例中特征没有分类，所有特征使用同种符号。

加载图例时，系统会提示用户是选择分类还是符号，或者两者都选，并显示用于创建保存图例的属性项名称，用户可以选择将图例赋给指定项或当前主题的其他属性项。

第三节　用主题特征控制主题显示

主题特征（Theme Properties）控制着主题的显示，运用主题特征（Theme Properties）对话框可以显示主题的子集，或用属性项的值标注主题特征，或设置主题显示的比例尺，还可以建立“热链接”——当鼠标击中某一特征时就自动显示有关附加数据（图3-8）。

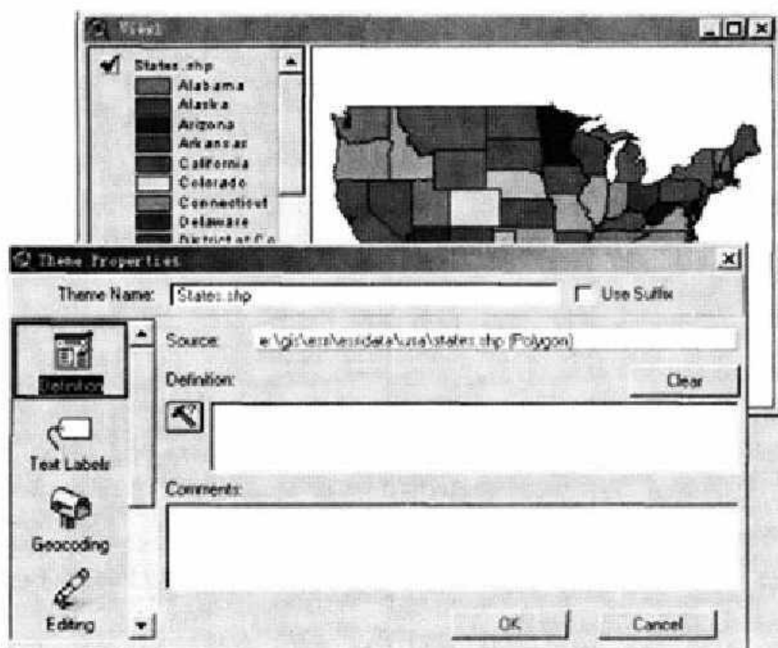


图 3-8　主题属性对话框及其对视图显示的控制

设置主题特征以后，还可以进行加密，只有知道密码的用户才能改变这些特征。

1．定义主题子集

1）主题子集

缺省情况下，在视图中调出某一主题时，也就显示该主题的所有特征，用户可以用 Query Builder（在 Theme Properties 对话框中）定义选择逻辑表达式，并用它创建主题的子集。例如，可以从陕西省县、市行政主题中只显示渭南市的部分（图 3-9）。

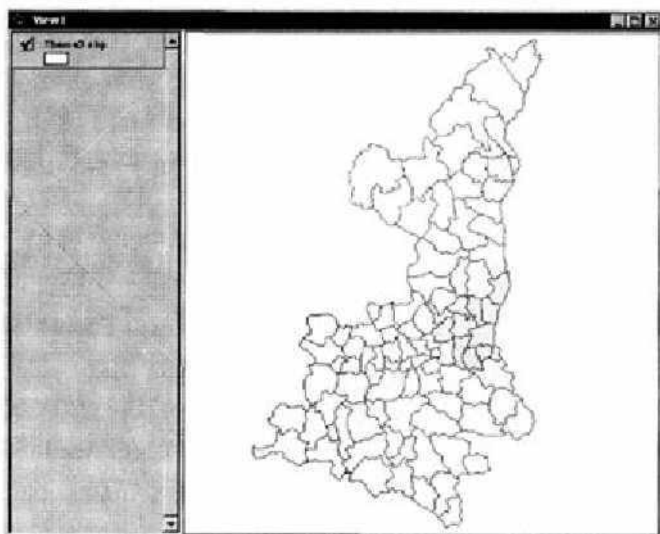


图 3-9　选择主题的子集

如用户想在视图中同时保留整个主题以及子集，则需要复制一份原主题，并对复制主题定义选择逻辑表达式，给新主题一个新名字。

建立选择逻辑表达式用 Query Builder，用户可以定义简单的逻辑选择表达式，包括字段名、运算符和数值，也可以把几个字段或数值集合起来定义复杂的逻辑选择表达式。

例如有一份关于消费者生活方式的数据，该数据包含了统计区数据，如果只要显示房产和家庭收入在特定水平的居民，可建立下述逻辑选择表达式：

Assessment＞150 000 and Income＞60 000

另外，在复合逻辑选择表达式中还可以使用括号把多个表达式串在一起。表达式的定义非常重要，使用括号可以明确哪些选择应在一起进行，若没有括号，表达式从左至右依次比较。

2）设置比例尺阈值

用给定的比例尺控制显示主题是当今 GIS 平台软件的流行趋势，即当显示比例尺在不同的等级范围之内时，主题显示不同的信息内容，这有助于确保地图的清晰性和可读性。用户可以用 Theme Display Property 来设置最适宜的显示比例尺。

例如，显示城市的位置时，只显示城市轮廓，然而，当把城市放大时，该城市的街道、乃至主要建筑物、城市绿地等又都作为主题内容而给予显示，这样，无论视图处于怎样的放大状态，其信息承载量都可以处于比较恰当的状态。

对视图中某区域进行缩放时，ArcView 将每个主题的比例尺阈值与显示比例尺进行对照，以确定应该显示哪些主题，这时显示 Checkbox 并不改变（即主题仍处于激活状态，但由于比例尺的原因而显示或不显示）。

2. 标注主题特征

为描述主题及其特征，可向主题添加标注文本，标注文本源可以是交互式键盘录入（用 Text 工具）、表格中的信息、Arc/Info 或 Auto CAD 创建的文本（称为注记 Annotation）主题。

每条文本均为图形元素，可以放置在视图的任何位置，并可独立地进行缩放显示，文本同样可以用 Graphics 菜单下的 Attach Graphics“贴”到主题上（当该主题打开时同时显示文本）。

利用表格生成文本，可以在 Theme Properties 对话框中，选择用于生成标注文本的字段，以及每一个特征标识文本的位置，如果一次只需标注一个特征，用 Label Features 工具单击每一个欲标注的特征；如果一次标注所有特征，在 Theme 菜单下选择 Auto-label，如果已选中了主题中的几个特征，则只标注这几个特征。

在缺省情况下，ArcView 还可按用户需要对标注（Label）进行放大或缩小。用 Arc/Info 的 Coverage 或 AutoCAD 圈层作为注记数据源可以用存贮在 Arc/Info 的 Coverage 或 AutoCAD 图层中的注记创建文本主题。要添加注记主题（Annotation Theme），可使用 Add Theme 按钮并在数据源文件夹中选择注记特征类型。注记主题可以像其他主题一样在视图中存贮和显示。

此外，ArcView 还提供了一种叫做“自动标注”（Auto-label）的功能，用户可以选择对话框中的选项，对活动主题中的特征进行自动标注（图 3-10）。

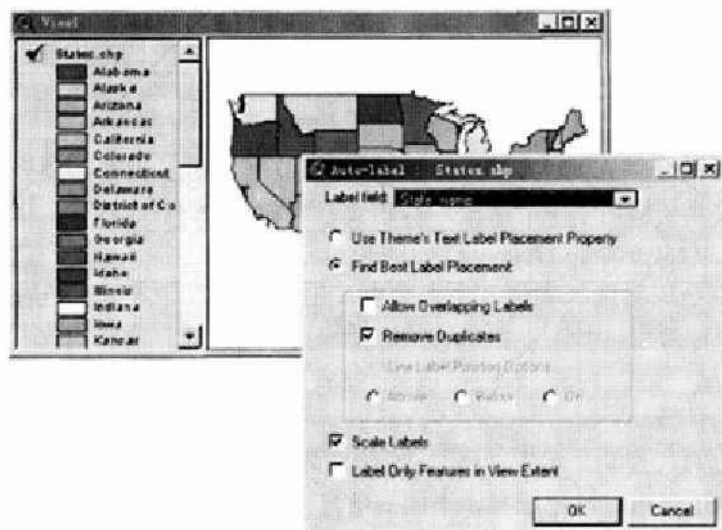


图 3-10　自动标注对话框

自动标注对话框提供了两种文本定位方式：第一种方式使用在 Text Labels 主题特征中定义的位置来放置文本；第二种方式是 ArcView 自动查找最佳位置，如果文本无

法合理放置，则该特征也就不再加标注，除非选择了允许重叠选项。

对重叠标注的处理： 通常情况下 ArcView 不会显示难以放置的文本。但当确实需要时，可以选择允许重叠的选项，重叠的标注显示为绿色。重叠标注的处理有以下几种方式：① 从 Theme 菜单下选择 Remove Overlapping Labels 删除重叠标注；② 把重叠标识的字体转换为另一合理放置标识的字体。首先用 Pointer 工具选中重叠标注（绿色）以及一个放置好的标识（至少一个），后者的字体是前者要转换成的字体。然后，选择 Covert Overlapping Labels，用 Pointer 工具调整转换了的标识位置。

对重复标注的处理，可选择 Remove Duplicates 选项，可在视图中放置惟一的标注字符串，这在某几段街道的名称相同时，标注街道主题格外有用。

选择 label only Features in View Extent 选项，就可以显示那些只落在视图显示区内的特征标注。

3. 建立主题特征的“热链接”（Hot linking theme features）

热链接（Hot Links）是 GIS 软件的重要功能之一，建立主题特征的热链接后，用户点击某一特征即可显示关于这一特征的附加信息。这些附加信息可以是图像，也可以是文本文件、视图、表格、图表或项目等等。除了显示数据， Hot Link 还能运行 Avenue Script 程序以完成其他功能。

举一个旅游业方面的例子，假设视图中显示了许多旅游景点。用 Hot Link 工具点击某一景点，将显示一张位置图、相应的照片和描述该景点的文档信息。Script 文件可激活并显示一小段录像，这段录像包括对该景点的声像描述。

再譬如一个房地产交易的例子，找到符合购买标准的房产后，用 Hot Link 工具点击每处房产，将显示该房屋的照片，同时还可显示有关房屋的楼层布局、房产证件、位置图等，还将有一段录像可以领进室内参观一番，这对广大的 GIS 用户来说具有很强的吸引力。

Hot Link 的创建可遵循以下方法：

在 Theme Properties 对话框中，通过选择字段、预定义操作和 Script（可选）来创建 Hot Link。① 字段（Field）：主题表格中，必须包含存贮 Hot Link 数据的字段，该字段包含某一路径下的文本文件、图像文件、项目文件或现有项目中的文档文件名。② 定义操作：当用 Hot Link 工具点击主题特征时，就执行预定义操作，包括：Link to Textfile，Link to Image file，Link Document，Link to Project 等。③ Script：Script 选择某一预定义操作，也就是选择了缺省的 Script。当然，也可以选择其他已存的 Script。例如，可创建自己的 Avenue Script，并把它作为 Hot Link 操作，扩展 Hot Linking 的功能。想了解更多信息，可以看帮助主题：Hot Link With Script Example。

ArcView 热链接支持的图像格式，包括 X-Bitmap、MacPaint、Microsoft DIB（Device-Independent Bitmap），Sun Raster 文件，XWD（X Windows Dump Format）， GIF（Graphics Interchange Format），TIFF（Tag Image File Format）以及 TIFF / LIW 压缩格式。

设计好的视图，还不能作为正式的地图产品打印和输出，还必须为之添加诸如指北针、比例尺、标题、图例等附加部分。这些工作，在 ArcView 中将使用一个版面设计来完成。有关使用版面设计进行主题地图的编制，请参看第六章：“专题地图编制”。

第四章　ArcView 表格

ArcView 表格有两种基本形式：一是与 Project 的地图内容紧密相关的“属性表”；另一种是外置的、与 ArcView 属性表可以实现连接(Join)或链接(Link)的数据库表。此外，与创建一项 Project 项目相对应，ArcView 还提供了一种在其运行环境内由用户自行创建设计数据库表的方法。

第一节　用 ArcView 创建新表格

在 ArcView 中创建一张新表格，其原理与在其他数据库平台中创建表格的原理相同，而且由此产生的表格文件也是以.dbf 为扩展名在磁盘中存储，ArcView 全面兼容 dBASE 3 和 dBASE 4 数据库系统。创建新表的步骤如下：

（1）在 Project 窗口中，双击 Table 图标或者先选定 Table 图标，再单击窗口上部的“New”按钮(图 4-1 左侧为项目窗口)。

（2）在随后弹出的“新建表格”对话框内，确定新建表格的名称及在磁盘中的存储位置（系统默认名称为 Table1，2，3，…，默认存储路径为 c:\windows\temp)，之后单击“OK”确定(图 4-2)，即自动生成并展示出一幅空白新表，如图 4-1 右侧所示。



图 4-1　创建新表视图

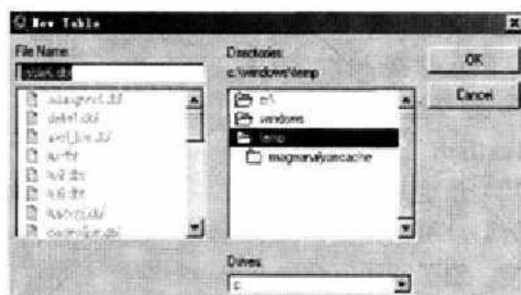


图 4-2　新建表格存储路径及文件名

（3）调用“Edit”下拉菜单中的“Add　Field”，在弹出的对话框内（图 4-3）依次给定字段名、数据类型、字段宽度(注意 Num 型字段还需要确定小数部分的位数)，单击“OK”。

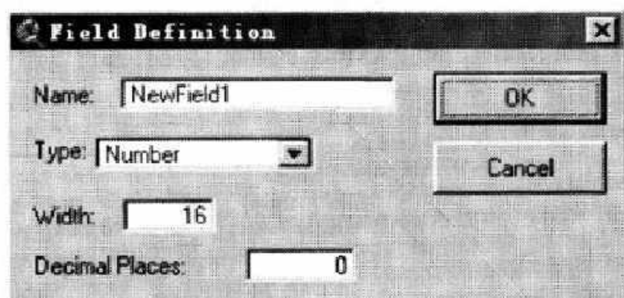


图 4-3　定义字段对话框

根据表的字段数，不断重复第 3 步，直至设定好所有字段。

（4）所有字段确立后，新表的结构随之确立，之后便可向表内添加“记录”。添加“记录”的方法是：Edit // Add Record，然后单击工具条中的“编辑”工具，并定位光标于记录区，当光标变成小手形状时，单击任意空白记录区，借助“Tab”键、回车键或鼠标左键，依次完成“表元”的定位与数据输入操作即可。注意：数据的输入可分次进行，但每次操作结束后请别忘记保存。

（5）当新建二维数据库表的工作完成后，用“Table // Stop Editing”来中止编辑，这时会弹出“是否存盘”的提示框（如图 4-4），选择“Yes”，则新表格数据将会按第 2 步所设定的磁盘位置及文件名保存下来。

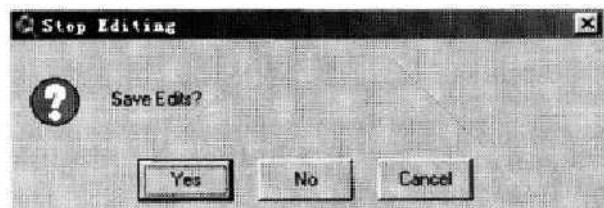


图 4-4　中止编辑、存储结果对话框

新创建的表格可以像其他任何形式的.dbf 表格一样，通过 ArcView 所提供的“Table//Starting Edit”菜单项进行修改。如果没有进行这样的操作，可以发现 Edit 菜单下有关表格编辑的所有选项全部无效（灰色）。

第二节　加载外来表格

外来表格的加载是指将已经存在的表格式数据文件作为一个表单加载到 Project 的“Table”组件中。这里的“加载”实际上并非真正将源表的数据复制或导入到 Project 之中，而只是在项目与外部数据表之间建立了一种自动链接的关系。该关系确立之后，无论什么时候启动 Project，系统都会自动记住从源表所在的磁盘位置读取数据。外来表格数据的这种处理方式不仅有利于 Project 的表格组件及时反映外来（源表）数据的变化，而且也避免了将表格数据复制到项目之中所产生的磁盘数据“冗余”。

ArcView 能够存取以下类型的表格：dBASE、INFO、非限定性 ASCII 表格以及通

过 SQL 网络连接调用网络数据库中的 RDBMS 表格，其中前两种为 ArcView 全兼容表格格式。值得注意的是，所有的非 dBASE 格式的表格文件都可以通过 ArcView 的“输出”（Export）模块而转换成 .dbf 表格格式。

外来表格加载的步骤：

（1）击活 Project 窗口；

（2）单击“Table”图标，再点击“Add”，或者点选“Project//Add Table”菜单；

（3）在导航对话框中选定表格文件的“类型”（位于左下侧），并于对话框右侧的“导航窗口”定位源表文件的磁盘位置；

（4）双击左侧“文件列表”中的目标文件，或者先选定该文件，然后单击“OK”按钮确定（如图 4-5）。

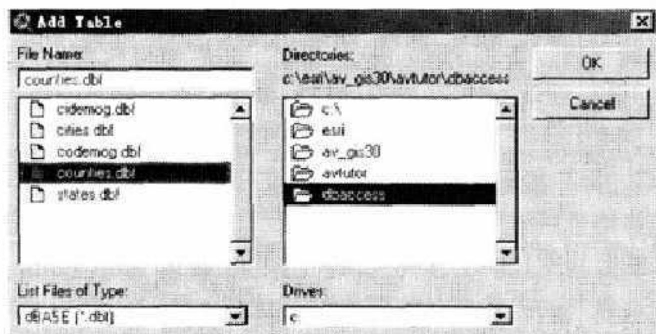


图 4-5　表格导航对话框

注意：如果一次需要调用同一位置的多个表格对象，则在选取目标文件时以<Shift>键加以配合。

这样，所选文件则以表格形式展示于当前视图之中，同时其表格名称也将出现于 Project 窗口右窗格的“目录列表区”（图 4-6）。



图 4-6　被打开的表格及其视图

第三节　表格的编辑

在 ArcView 中，用户想要成功地对某一个表格进行编辑修改，就必须先了解本系统所支持的表格类型。如前所述，表格类型可以从其表格文件的扩展名中反映出来。ArcView 总共支持 4 种表格格式，而在这些格式中，只有前两种可以在 ArcView 的 Project 环境中直接编辑和修改。如果想对后两种表格进行类似操作，则必须先借助本系统“文件”菜单下的“Export”功能进行输出转换（输出格式选择 dBASE 或 INFO 格式）。

以下分两种情况来论述表格编辑的一般步骤。

1．外来表格的编辑与修改

（1）在 Project 界面下，调入源表格。

（2）通过 Table // Start Editing 调用表格编辑功能（注意：如果其中的 Start Editing 为灰色，则说明该外来表格的格式是非 dBASE 或非 INFO 格式）。

（3）选取工具条中的“编辑”工具，将光标置于表单记录区域，当光标变为“小手”形状时，单击希望编辑的记录单元，这时原记录将高亮度显示，可以进行“复制、粘贴、删除、键入新数据”等任何编辑操作。一个记录单元完成后，可以借助于 Tab 或回车键，陆续完成其他单元格的编辑工作。

（4）如果想要在表格中增加字段，操作方法是：在表格编辑状态下，选择 Edit // Add Field 选项，然后依提示逐一完成每一步操作。

（5）如果想要删除当前某一字段，其操作方法是：先选定字段名，然后选择 Edit // Delete Field 选项，删除即可自动完成，指定字段及其数据记录将从表格中消失。变更字段的左右次序的方法是：通过鼠标左键拖动、释放字段名称来实现。

注意：表格内可能有些字段是不可修改的，其字段名以斜体字为特征加以区别。另外，编辑时光标的定位可以借助键盘来实现：<Tab>（右移）、<Shift>+<Tab>（左移）、<Enter>（下移）、<Shift>+<Enter>（上移）。

2．主题属性表的编辑与修改

主题属性表与主题内容一一对应，其打开方式很简单：先击活主题，然后单击工具条内的“属性表”按钮即可。

属性表的编辑、修改，其方法与外来表格的编辑方法相似。

（1）在当前视图的主题列表中，单击目标主题名，使之成为当前活动主题。

（2）在常用工具条中点选“属性表”按钮，打开主题属性表。

（3）在 Table 菜单下调用 Start Editing 菜单（注意：该操作仅对 Shapefile 文件格式的主题属性表有效。如果用户当前操作对象不是这一文件格式，则需要首先使用“主题”菜单下的“Convert to Shapefile”将其转换成这一文件格式，然后再对新格式、新主题进行上述操作）。

（4）点选工具条内的“编辑”工具，将光标定位于表格记录区的指定表单，对需要进行编辑的单元格一一进行编辑修改（注意：最后一个单元格的编辑修改完成后，必须进行“回车”确认，否则该记录将变成零）。

（5）编辑工作完成后，点选“Table // Stop Editing”，结束编辑，并在弹出的“是否存盘”提示框内(参见图 4-4)单击“Yes”，将结果存储下来。

如果一张属性表曾通过“表格连接”纳入了新的字段，则这些字段将不能在该属性表中进行编辑修改。如果确实需要修改，则只能通过调用源表，修改后按原路径及文件名存贮，然后在当前属性表打开的情况下，点选“刷新”（Table // Refresh），从而达到及时反映编辑修改结果的目的。

此外，通过对“表格属性”对话框（图 4-7）下部的“字段列表项”的选择，可以达到控制表格字段显示与否的目的。图中字段列表项前面有“√”的项为属性表显示项，无“√”的项为非显示项。

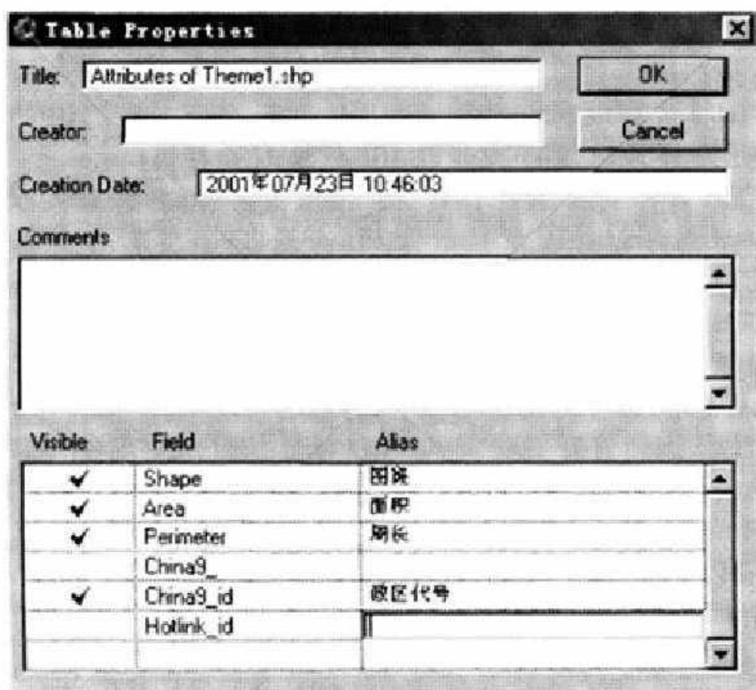


图 4-7　表格属性对话框

第四节　表格的连接

对 ArcView 来说，表格的连接就是将外来表格的字段及记录加载于当前活动项目的“主题属性表”中，从而使外来数据作为“图形要素”属性的一部分而在主题属性表中得到反映，从而进一步完善要素的属性类型，丰富要素属性信息。

1. 建立表格连接的方法与步骤

（1）打开要添加到属性表的数据库源表，通过点击“公共字段名”而选定所要连接的字段。

（2）用“窗口”菜单切换当前视窗为“视图”窗口。在“视图”主题目录表中，

通过点击希望添加外来数据的主题名称来击活主题，并使用按钮条内的“主题属性表”按钮打开主题属性表，然后再点选基于连接的“公共字段名”。

（3）单击工具条内的“表格连接”按钮，则源表中除公共字段之外的所有字段就自动添加并附属于主题属性表，源表同时自动关闭，表格连接工作完成。

图 4-8 是表格连接的例子，图中左表为源表，右表为目的表——主题属性表，china9_为公共字段。由左右表字段及其记录的对比可见，该图所示的表格连接工作实际上已经完成，只是为了对比显示的需要而将业已关闭的源表重新调入视图之中。

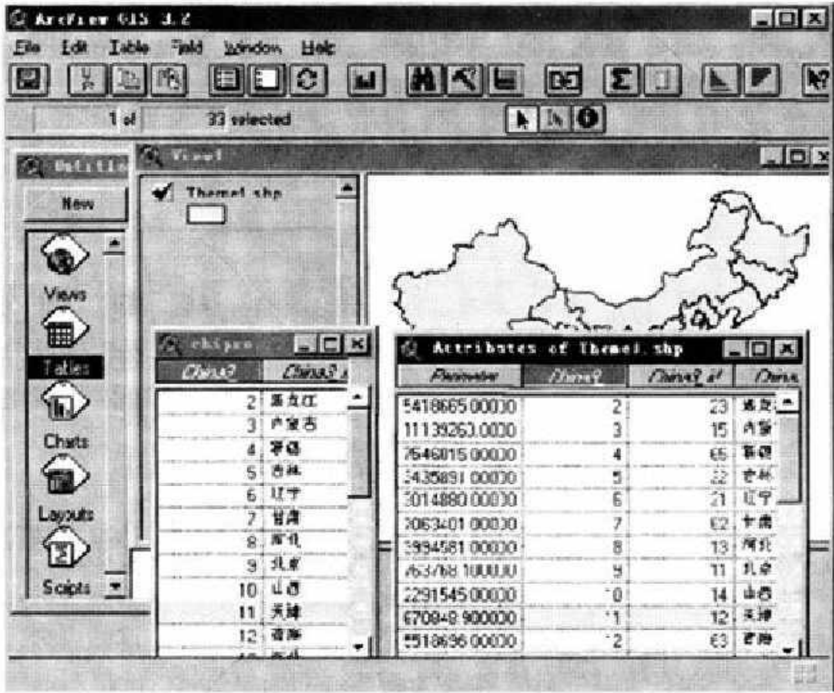


图 4-8　两个表格连接的视图

2. 与表格连接有关的几点说明

（1）源表与目的表之间的相互关系。两个表格连接后，实际上就确立了目的表与源表之间的一对一或多对一的关系。这种关系是 ArcView 自动建立的，用户不必理会它是否建立了一对一或是多对一。上例表述了一种“一对一”的连接关系，要理解什么是多对一，可以参考以下例子。

假如当前有一个展示某地区植被类型的活动主题，该主题内含有若干个植被类型图斑（多边形），不同图斑的植被类型可能重复出现（比如有 2 个图斑属于第 4 种类型，有 5 个图斑属于第 1 种类型等等），这样，当您将该主题属性表通过“植被类型”公共字段与另一个专门描述各植被类型特征的源表格相连接时，目的属性表中的多个图斑就有可能只对应其中一种植被特征，这样建立起来的表格连接就符合“多对一”的连接关系。

（2）两表“连接”的实质。通过以上方法完成的“表格连接”实际上并不是将源

表格中的数据真正地复制到目的表（属性表）之中，而只是建立了一种目的表与源表之间的动态连接的“关系”，当 ArcView 保存这一包含“连接”的 Project 时，也只是保存了连接的“目标”（源表的磁盘位置及文件名），当下一次打开这个 Project 时，再根据原本建立的连接关系将数据从磁盘调入。这样做不仅避免了同种数据在磁盘中的重复保存而造成的有限资源浪费，而且也可以实现目的表对源表的动态变化的及时反映，从而完成附加数据的自动更新。

（3）手工更新“连接新表”数据的方法是点选“Table ”下拉菜单中的“Refresh”。

（4）连接时处理“一对多”的方法。必须先将源表中的数据进行归纳整理，使其中的“多”转变成“一”，这样才能实现正确“连接”，否则，就会出现只是将源表的“多”中的第一项记录添加到目的表。举例说明：用户想将一个全国县域人口统计表格的数据连接到“分省人口统计主题属性表”中，如果对源表数据不先进行整理的话，结果添加后每个省份的新增字段记录只能反映源表中属于该省份的第一个出现在记录之中的那个县的人口的单个记录，而该省其他县的人口记录值则全部被忽略（有关“表格数据的归纳整理”请详见本章的第六节）。

（5）加载于属性表的各个新字段均可被应用于地图的符号化、标记、查询或分析。

（6）源表与目的表之间的“公共字段”的名称不一定要相同，但字段类型与数据值必须相同。

第五节　表格的链接

在 ArcView 中，表格的连接（Join）与表格的链接（Link）完全不同。连接可以处理诸如“一对一”或“多对一”的数据关系，而链接则只适合处理“一对多”的关系。

1. 建立两表“链接”（Link）的方法与步骤

（1）打开源表，点选“公共字段”名称；

（2）在“窗口”下拉菜单中选择“视图”窗口，击活“主题”；

（3）打开“主题属性表”，并点选与源表之间的“公共字段”。注意：源表与目的表中的公共字段名必须是同一类型而且有相同的数据，但可以具有各自不同的名称及字段宽度；

（4）在“表格”下拉菜单中选择“链接（Link）”，链接即告完成（图 4-9）。

图 4-9 上图反映的是源表与目的表链接前的情况，其中左表为目的表（当前被选中公共字段名称为 *China9_id*，记录值为“65”），右表为源表（被选中的公共字段名为 *Prov*，“多项”记录值为“65”）；下图为链接后两表及目的视图的显示情况，其中左表为目的表，当前选项为“*China9_id*=63”，中表为当选定目的表公共字段的某项记录时，源表弹出的相应记录的情况（一般总是“多对一”），右图为与目的表当前选项相关的视图显示情况。

图 4-9　表格"链接"的实例视图

2．表格链接（Link）与连接（Join）的主要区别

（1）链接仅简单地定义了两表之间的相关性，两表的本来结构和内容并不改变。

（2）源表内的所有字段并不会像"连接"一样出现在目的属性表之中。

（3）链接（Link）只是单向性的，Link 的内涵仅存在于目的表之中，也就是说：当您选中目的属性表中的某项记录时，源表将会自动打开，并立即将与之相关的多个记录以高亮度方式显示出来。相反，如果您对源表进行类似操作，则目的表并不会打开，而且其内部的任何记录也不会有任何的显示动作。

（4）两表链接（Link）成功后，被建立了链接关系的源字段（实际上依然存在于源表内，而不会出现于目的表之中）均不能用于主题外表的符号化、加标注、查询等基本操作。

第六节　表格数据的归纳与统计

ArcView 提供了对表格内数据进行归纳与统计的方法。归纳统计的对象是表格中的数字型字段，归纳统计的内容包括计数、求平均值、累加、求最大值与最小值、求取值范围、求标准差、求方差等等。

1．对表格数字型字段进行"归纳"（Summarize）

（1）单击表格中的数字型字段，选定要进行归纳（Summarize）的字段名。注意：

如果只想对字段中的部分记录进行归纳，则必须选择这些记录（以<Shift>键相配合），选择可以在选定字段之前，也可以在选定字段之后。

（2）单击工具条内的“归纳”按钮，或者单击“字段”（Field）菜单下的“归纳”选项，弹出表单归纳定义框（图 4-10）。

（3）在对话框中，确定新生归纳表格的存贮位置及文件名（缺省名称为 Sum1、Sum2 等）；在“Field”下拉列表框中选定要进行归纳的字段名称；在“Summarize by”下拉列表中（图 4-11）选定归纳方式；单击“添加”（Add）按钮，则由字段名与归纳方式共同组成的新生字段将出现于对话框右侧的列表框中（参见图 4-10）。“删除”（Delete）按钮可用于将新生的字段从列表框内删除，它是“添加”的逆操作。

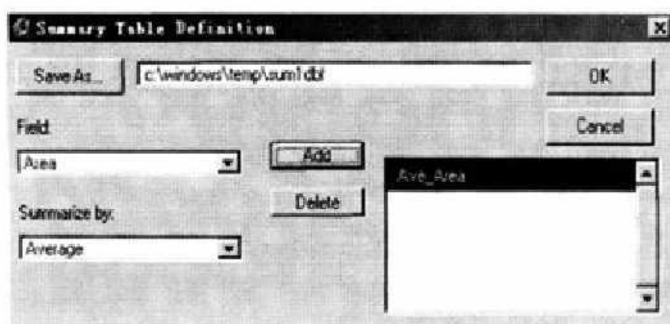


图 4-10　表单“归纳”定义框

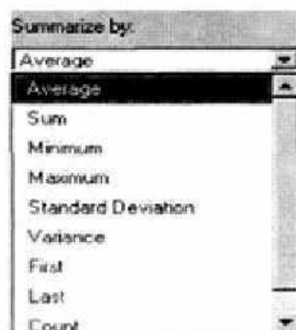


图 4-11　归纳方式下拉列表

（4）单击“OK”确定，则 ArcView 自动生成一个新的归纳表格，见图 4-12。

注意：归纳定义对话框内的“字段”以及“归纳方式”可以产生多种组合，从而生成多种新的归纳字段，归纳结果产生后，其表格文件名称将被自动加入到 ArcView 的项目窗口中的“表格”目录列表中，表格文件的默认扩展名为 .dbf。

sum5.dbf

China9_id	Count	Sum_Area	Sum_Perimeter	Max_Perimeter	Min_Perimeter
0	1	999999999.0000	0.0000	0.000000	0.000000
11	1	847420000.0000	763768.1000	763768.100000	763768.100000
12	1	659980000.0000	670848.9000	670848.900000	670848.900000
13	2	894355000.0000	4181352.4000	3994581.00000	186771.400000
14	1	270400000.0000	2291545.0000	2291545.00000	2291545.00000
15	1	321000000.0000	11139260.0000	11139260.0000	11139260.0000
21	1	047500000.0000	3014880.0000	3014880.00000	3014880.00000
22	1	803200000.0000	3435891.0000	3435891.00000	3435891.00000
23	1	805400000.0000	5418665.0000	5418665.00000	5418665.00000
31	2	226194100.0000	496118.2000	318446.300000	177671.900000
32	1	321600000.0000	2575364.0000	2575364.00000	2575364.00000
33	1	843900000.0000	2627271.0000	2627271.00000	2627271.00000

图 4-12　新生“归纳”表的外型视图

2．对表格数字型字段进行“统计”（Statistics）

（1）单击表格中的数字型字段，选定要进行统计（Statistics）的字段名。注意：如

果只想对字段中的部分记录进行统计，则必须选择这些记录（用<Shift>键相配合），选择可以在选定字段之先，也可以在选定字段之后。

（2）从“字段”（Field）下拉菜单中选择“统计”（Statistics）项，则 ArcView 自动生成一个新的“统计结果”窗口，显示当前被选定的或者是源表全部记录的统计信息（图 4-13）。

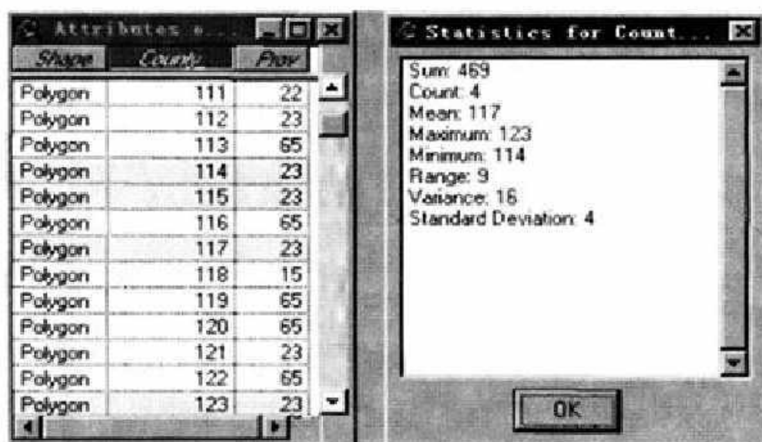


图 4-13　表格的统计选项及其统计结果

由图可见，左幅为统计源表，当前选定的统计记录共 4 项（以高亮度方式显示）；右幅为统计结果显示窗，窗内信息自上而下依次是：累计、（统计）计数、中值（平均值）、最大值、最小值、统计范围、方差、标准差。

第七节　表格的打印输出

表格与 ArcView 的 Project 中的其他所有组件一样，可以通过调用“文件”下拉菜单中的“打印设置”和“打印”项进行打印操作，也可以将其作为专题地图“图面设计”的一个组件在专题地图中打印输出。如果用户只想打印出表格中的若干指定记录，就必须先将这些记录输出为一个新的表格文件，然后再添加或调入到 Project 窗口中进行打印输出。

表格打印与其他组件打印一样，应注意以下几个问题：

（1）如果打印前表格内存在若干被选中的高亮度显示的记录，那么这些记录也会在打印结果中高亮度显示。

（2）当用户将表格添加到专题地图的“图面配置”中后，原表中被选中的对象也会在“配置”中高亮度显示，并且会随着原表内容的更新而自动更新。

（3）由表格数据衍生而成的图表数据也会如此。

除过打印显示之外，表格也可以通过调用“文件”下拉菜单中的“Export”输出成 dbf、INFO 和 Delimited Text 三种通用格式，以便在其他应用程序中调用。

第五章　Shape 文件及其编辑

Shapefile 是 ArcView 存贮空间数据的内部缺省文件格式。利用这一简单的、非拓扑型的格式，ArcView 实现了地理要素属性信息与几何位置的统一贮存，这正是目前大多数 GIS 专业软件流行的设计方法。

第一节　Shape 格式及其优点

ArcView 的 Shape 文件格式可以通过其自身的实用工具创建，也可以经由 ARC/INFO coverage 或其他的桌面地图格式转换得到。转换既可以在其他程序中进行（比如：在 ARC/INFO 中，使用 ARCshape 及 shapeARC 命令便可以实现 coverage 与 shape 文件之间的双向转换），也可以在 ArcView 界面下来做（先将数据源调入，然后再转换模块将其转换成 Shape 格式，参见“空间分析”部分）。以上特点充分反映了 ArcView 对数据格式的灵活性和高度兼容性。

Shape 文件实际上只是 ArcView 进行 GIS 数据管理（定义感兴趣的地理要素的几何关系及要素属性）的 5 种核心文件类型之一。这 5 种文件作为项目工作组的内容被贮存于同一个工作目录中，相互以不同的扩展名相区别：

.shp——贮存地理要素的几何关系的文件。

.shx——贮存图形要素的几何索引的文件。

.dbf——贮存要素属性信息的 dBASE 文件。当 Shape 文件作为一个主题被加入到视图之后，该.dbf 文件将会作为一个要素表格来显示。

.shn 和.shx——贮存地理要素的空间位置索引的文件。除非执行过类似于选择“主题之主题”、“空间连接”等操作，或者对一个主题（属性表）的 Shape 字段创建过一个索引，否则这两种格式的文件将不会存在。另外应注意：如果在进行各种操作过程中，中途没有对源数据目录进行过类似于“保存项目”之类的“写操作”，那么当最终关闭 ArcView 或当前 Project 时，程序将会自动剔除这两种临时文件而使其不能在磁盘中得以永久保存，如果出现这种情况，那么就无法在当前工作目录下找到它们。

.ain 和 .aih 文件——贮存地理要素主题属性表或其他表格的活动字段的属性索引信息的文件。除非执行过“表格链接”（Link）操作，否则这两个文件是不会存在的。如果中途没有对源数据目录进行过写操作（保存项目），那么这两个文件最终也不会自动在当前工作目录中得以保存。

1. ArcView 用.Shp 作为默认文件扩展名的优点

（1）基于其非拓扑性，可以使文件迅速在视图中显示出来。

（2）“主题要素”的编改功能只能在 Shape 格式下才能实现。

（3）利用 Shape 文件格式可以生成用户感兴趣的“新主题”。

（4）以共同字段属性值为基础，Shape 格式易于实现图形要素的合并或分解。

（5）其开放性的文件格式不仅与 ARC/INFO 的数据格式完全兼容，而且能够被多种桌面 GIS 软件直接调用。

2．在视图中创建新主题的方法

在 ArcView 中，创建新主题一般有两种方法：一种是通过调用相关菜单来完成新的“点、线、面”主题的新生，新生后的主题直接进入编辑状态；另一种是在视图现有的活动主题的基础上完成感兴趣的“新”主题的创建，如果这种主题被指定加载到当前视图，则该“新”主题将变为活动主题。

1）建一个全新的“点、线、面”主题

在 ArcView 中创建一个全新的主题是项目设计的重要而非必要的工作之一。根据 ArcView 中“项目”的分级管理原理，一个“项目”之下包含“视图”、“表格”、“图表”、“图面设计”等组件；一个“视图”可以包含多个“主题”。

在 ArcView 之中，主题可以是 Shape 文件格式，也可以不是 Shape 格式。但所有的非 Shape 主题都可以转换成 Shape 主题。

从这种意义上讲，创建一个“全新”主题的过程就是生成一个 Shape 文件的过程，因为一个“全新”的 Shape 主题无非就是由“点”或“线”或“面”三种单一类型的图形要素所组成。

创建一个“全新”主题的步骤是：

（1）在视图窗口界面中，选定“视图”（View）下拉菜单中的 “New Theme”项。

（2）在弹出的对话框内选择想要创建的新主题的图形要素类型（注意：每一新主题所包含的图形要素只能选择点、线、面三种基本类型中的一种），并单击“OK”按钮确认。

（3）在随后出现的新的对话框内，指定 ArcView 将要创建的、您所想要添加的新主题的 Shape 文件的名称与保存位置，单击“OK”。这样，一个新的、空白的主题将出现在您当前视图的主题目录表中（图 5-1 左窗格所示）。注意该新生主题的主题名称显示区呈弹起状态，表明它已自动成为当前活动主题，同时其左侧的“显示检测框”（矩形小框）四周又被另一个矩形虚线框所包围，表明当前主题自动进入可编辑状态。该状态将允许使用绘图及编辑工具向这一新主题视图内添加图形要素。

（4）给新主题添加图形要素：单击常用工具条中的“绘图工具”项（注意：点击过程应当稍微长一些），调出下拉式绘图工具（图 5-1 右侧所示，该图是一个添加“线”要素的图形示例），根据绘图工作的实际需要选择合适的“工具”，然后即可在“视图”图形显示框内进行绘图。绘图工作结束后，ArcView 将会自动生成一个与当前主题图形要素相对应的“主题属性表”，打开该表即可见其外型（图 5-2）。

新表显示，它仅含有两个字段“Shape”和“ID”。其中，前者记录着用户给当前主题所添加的所有“图形要素”的“类型名”（本例为“PolyLine”）；后者的所有记录均为 0（即为“空白”记录），有待用户手工添加属性数据。

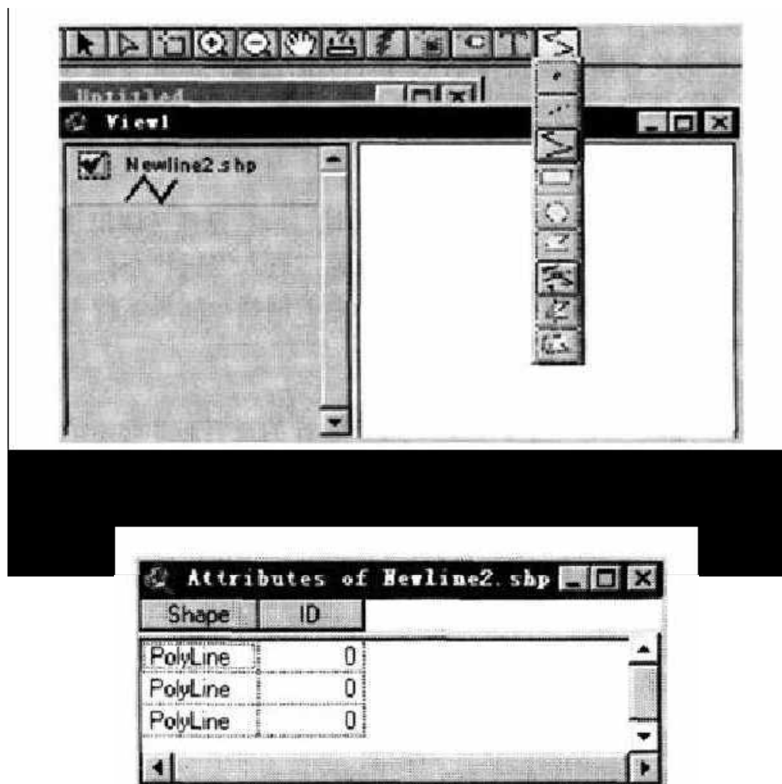


图 5-2　新建主题的属性表

（5）给新主题的属性表添加字段和记录：要添加字段，其方法是先从“编辑”（Edit）下拉菜单中选择“添加字段”（Add Field）项，然后在对话框内进行相应设置即可完成。要添加记录，首先必须从“工具条”内单击选择“编辑”工具，然后将鼠标指针指向目标记录区，当鼠标指针变为小手形状时，单击定位，输入新的记录内容即可。

至此，一个包含着“图形要素”和“属性要素”的新的 Shape 主题的创建工作就全部完成了，该主题不仅具有“Shape”文件的所有优点，而且从数据结构与管理方式上讲，也完全符合 GIS 图形—数据库的所有特点。

必须注意：如果在创建“全新”主题的过程中没有为视图指定一种投影方式，那么随后生成的 Shape 文件将会以视图中的地图单位进行贮存。如果指定了投影方式，那么新文件将以十进制方式贮存，这样可以以任何一种投影方式来在视图中展示新主题。

另外，在许多情况下，由于空间数据的特殊性，创建新主题的图形要素并不能完全凭空想象，而应有所依据，这就常常需要在添加主题要素前先将其他已有的、保存有准确空间位置信息的主题作为背景来参考。对于 ArcView 来说，由于主题的“层状”管理特点，这一点就很容易做到。

2）依据现有主题来创建新主题

在视图中创建一个新主题，除了根据作者头脑里的素材“凭空”绘制之外，也可以利用当前视图中已经具备的主题素材加工生成。

用现有主题创建新主题的方法是：

（1）单击目录表中的源主题名称使其进入活动状态。

（2）如果想将当前主题的所有图形要素都转换成新的主题，就直接调用“主题”（Theme）菜单，点选其“转换成 Shape 文件”（Convert to Shapefile）选项；如果只想将当前主题中感兴趣的一部分图形要素转变成一个新主题的话，那么就必须先选中这些要素（多项选择可以用<Shift>键相配合），然后再选择“转换成 Shape 文件”菜单。以上两种操作都会弹出一个新的对话框。

（3）在对话框内，指定新生主题（也就是新 Shape 文件）的名称，以及文件的磁盘保存位置，然后单击“OK”确定。

（4）这时会出现一个“是否想使新生成的 Shape 文件作为一个新主题加入到当前的工作项目中？”的提示框，一般情况下建议点选“OK”按钮。这样新文件将以新主题的形式添加到当前的视图之中，并随即成为活动主题。

（5）用上述方法可以一次仅对一个活动主题进行操作，也可以一次激活若干个主题，以实现对文件转换与新主题生成工作的所谓“批处理”。

图 5-3 是一个以“全国省区”（源主题）为基础，以其中的西北五省区为选中要素（亦即感兴趣区域）而创建“新的 Shape 主题”的图形示意（图中：左图为转换前的目标视图，右图为创建的新主题视图）。



图 5-3　创建“新 Shape 主题”的图形示例

注意：以现有主题为素材来生成新 Shape 主题的工作是 ArcView 项目与视图管理中最频繁、最常见的操作方法之一。其之所以常用，主要是由于以下几方面的理由：

（1）在 ArcView 中，所有来自于外部的非 Shape 文件格式的主题在视图中都是不可编辑的，比如：ARC/INFO 的 coverage 文件、CAD 绘图文件等等。想要对这些文件格式的主题进行修改，首先就必须将它们转换成新的 Shape 主题，然后再激活该主题，以达到编辑修改的目的。

（2）运用“查询”工具，可以在活动主题要素中自动找到任何感兴趣的图形要素。要将这些要素单独作为一个文件保存在磁盘上，或者作为一个新主题展示到当前视图之中，就必须调用“Convert to Shape”工具进行工作。

（3）如果正在使用 ArcView 的空间分析扩展模块，并且想要将一个栅格主题转换成一个图形要素主题，以便在矢量数据格式下使用现成的栅格数据，并且将这些数据应用于其他项目中，一般也需要进行类似的转换。

（4）运用上述功能，可以使用户将系统之外丰富多彩的数据格式作为主题转换成ArcView的默认数据格式，以便进一步对数据进行整理或编辑，这正是本系统可以融合多种数据源的特点之一。

此外，基于现有主题来创建新主题也存在着Shape文件将以何种数据方式进行存盘的问题。对此，ArcView是这样规定的：如果在一个视图中创建的新主题所依据的数据源不是十进制的（比如被贮存为一个指定的投影单位），那么由此而生成的新的Shape文件将以与数据源所使用的投影方式一致的投影单位来贮存。也就是说，在这种情况下将不允许用不同的投影方式去展示这一新主题，如果非要使用其他形式的地图投影，将会导致新生主题在视图显示区内消失。

如果发现"转换成Shape文件"的操作选项呈灰色，其可能原因及处理方法是：① 当前活动主题的属性表内的"Shape"字段被隐藏时，请选择"Table"下拉菜单的"Properties"选项，在弹出的属性对话框下部的"字段列表"中重新对"被隐藏"的字段进行设置，以便使其再度在属性表内得以显示；② 如果没有对当前活动主题所使用的数据源进行过存盘（写）操作，这样转换模块将无法找到活动的主题对象。该情况的处理方法是：对当前主题要素（最大的可能性是该主题为全新主题）进行写盘操作；③ 当前活动主题是一种数据库型主题，并且还没有在其中选择任何一种要素。对于这种主题，要生成新的Shape文件（或主题）就必须先选中感兴趣的图形要素。

第二节　Shape文件的编辑

Shape 文件的最大优点是其非拓扑性图形要素可以被任意编辑。不论当前要编辑的主题要素是点状的、线状的，还是面状（多边形）的，都必须先启动主题编辑工具。

1. Shape主题的通用编辑方法

1）具体操作步骤

（1）通过单击"主题列表"中的主题名称来激活目标主题。

（2）从视图中的"主题"（Theme）下拉菜单中选择"Start Editing"选项。这时，在当前目标主题左侧矩形"检测框"四周将出现一个虚线框，它是当前主题可以被编辑的明显标识。

（3）用"指针"（Pointer）工具点击要编辑的对象，当对象周围出现"操作柄"（一般是由8个小矩形排列而成的矩形方框）时，用户就可以移动对象或通过拖放改变要素的大小。其他编辑项目的操作方法则因要素类型的不同而有所不同。

（4）选择"主题"菜单下的"Save Edit"随时保存所做的编辑，保存完成后系统自动回到编辑状态，直到选择"Stop Editing"并回答是否保存编辑结果后，方可结束本次编辑。

为了不破坏原有主题的原始信息，也可以把对当前主题所做的所有编辑结果保存成一个新的主题，方法是从"主题"下拉菜单中选择"Save Edit As"，并在出现的对话框中指定新主题文件的名称及磁盘保存位置。

2）主题编辑的几种限制

（1）不能随意增减“操纵顶点（结点）”的数目。

（2）不能给一个主题增加任何与主题的图形要素类型不相容的其他类型要素。比如，给一个只能包含多边形要素的主题添加点状或者线状要素。

（3）完整的一个图形要素不能被劈分（Split）。

（4）对一个主题要素来说，所有的不能被支持的编辑操作都将在图形工具条显示为灰色。

2．点状要素主题的编辑

被编辑的点状要素主题既可以是新创建的，也可以是在原有素材的基础上经转换而得到的，对于这两种情况，其主题的编辑方法是一致的。

当创建了一个点状要素的新主题之后，一个与之相对应的“要素属性表”及其新记录就会自动产生于当前项目之中。在以后任何时候如果对主题的图形要素进行编辑，那么该属性表也就自动进入可编辑状态，可以随时向属性表中输入新属性值来为字段添加数据新记录，当然也可以修改原有的记录。

在对点状主题进行编辑时，请牢记“一个 Shape 文件只能包含一种图形要素类型”这一 Shape 规则。所以如果想要向点要素主题内添加新要素，就只能选择“点状要素”。

点状图形要素主题编辑的主要内容包括：

（1）剪切、复制、删除活动主题。这组操作针对的对象是当前视图主题列表中的活动主题。其中，剪切或复制操作完成后，可以借助键盘的〈Ctrl+V〉组合键将源主题恢复或者复制到目录表之中，但如果剪切的对象是当前正在进行编辑的主题，则在剪切被执行之前，程序首先要提问是否保存先前所做的修改，剪切完成之后，如果以复制的形式重新将其内容调入目录表，那么该复制主题将不会自动进入编辑状态。实际上，对“复制”操作来说，情况也是如此，即：原来正在被编辑的主题被复制而加入到当前目录表中之后，新的备份将不处于编辑状态。

另外要注意，被删除的活动主题不能使用“撤消”来恢复，所以删除时要特别慎重。

（2）剪切、复制、删除“点状要素”。点状要素的这三项操作方法很简单。首先须选中进行编辑的对象（一次可以只对一个点状要素进行操作，也可以一次选中多个点），然后再通过调用“编辑”菜单下的相关项进行相应编辑操作（图 5-4 左半部分展现了“编辑”菜单的可选项目，右侧视图 1 则显示了 Res1_4m 点状要素主题被编辑的情况）。实际上，以上操作也可以通过调用键盘上的快捷键来完成，而且操作会很快（剪切用〈Ctrl+X〉，复制用〈Ctrl+C〉，删除用〈Delete〉单键）。

（3）移动点状要素。首先选中操作对象，当其周围出现操作柄（四个小的黑色矩形框）之后，用指针工具将光标置于操作手柄之间的区域，待指针变成四向箭头后按下左键拖动，到达目的位置后松开左键。注意：对点状要素来说，想通过将指针指向某一手柄来改变点状符号的大小的尝试将是徒劳的，虽然光标这时也会变成双向箭头形状。

（4）改变点状符号的外型。点状符号形状的改变不能在视图当中进行，而只能在主题列表中通过调用“图例编辑器”来完成。方法是：双击活动主题名称下的图例符号，

在弹出的“图例编辑器”（图 5-5）中再双击“符号”（Symbol），弹出“图例符号展示板”（该图内部的“Marker Palette”对话框），在符号列表中选取一种满意的符号类型，单击“应用”（Apply）按钮。

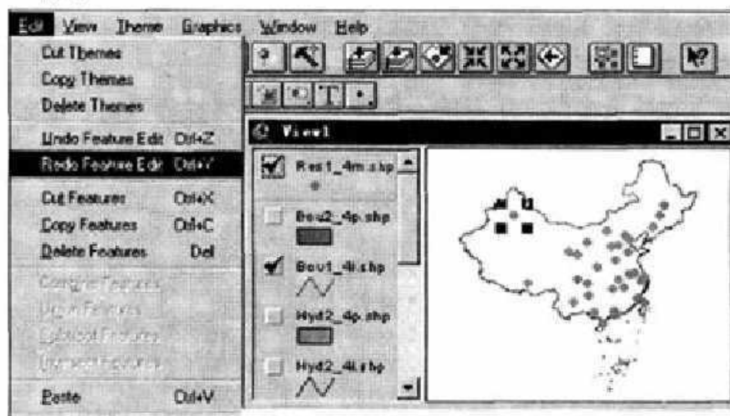


图 5-4 活动主题及其要素的常规操作视图

（5）撤消与恢复先前已做的编辑操作。在对图形要素进行编辑的过程中，可以随时“撤消”前面的操作，或者通过“重复”恢复被“撤消”的操作。“撤消”或“重复”操作可以通过调用主题“编辑”菜单来完成，也可以通过使用键盘快捷键〈Ctrl+Z〉和〈Ctrl+Y〉来完成。

（6）利用屏幕“快捷菜单”（Pop Menu）协助点要素的编辑。在“点要素”的编辑过程中，可以随时通过点击鼠标右键调出屏幕“快捷菜单”（图 5-6 所示）。

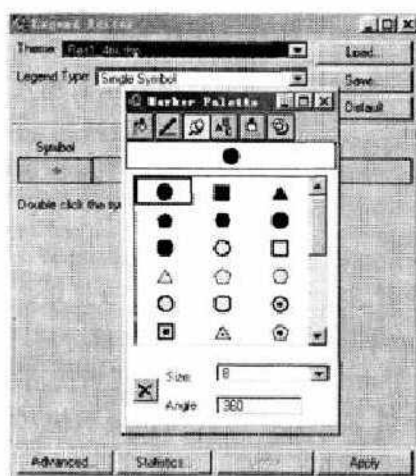


图 5-5 图例编辑器及点状符号类型的选择

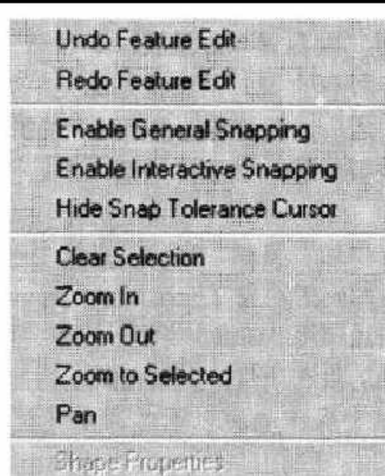


图 5-6 弹出式快捷菜单视图

但是，通过操作可能会发现，ArcView 的右键操作与常规 Windows 的右键操作有所不同，主要表现在：如果您单击一次右键马上松手的话，弹出式菜单只显现一下就立即消失，同时其中的第一个菜单项（“撤消”（Undo Feature Edit）项）自动被执行；如果想选择其他菜单项，则需要按下右键不松手，然后顺弹出式菜单向下移动鼠标，当理

想的菜单项高亮度显示时，松开鼠标右键即可。

如果对此弹出式菜单的各项目不太熟悉，想通过使其在屏幕上暂时保留的方式仔细察看其内容，操作方法是：右键单击视图不松手，横向移动鼠标，待光标移出“弹出式菜单”区之外时，松开右键即可使该菜单列表保留在视图上。

3．线状要素的编辑

1）创建线状要素时应当注意的问题

（1）在往线要素主题中增加新的线要素之前，首先就应当考虑这些线条在视图中能否完美地排列与组合问题。如果线条之间存在有比较多的上、下交叉点或复合端点时，就应当在编辑时启动和设置“捕捉（Snapping）”环境。

（2）如果已经启动了“捕捉环境”，那么当正在为主题添加新的线条时，就可以通过单击鼠标右键调出“弹出式快捷菜单”，并在“菜单”中选择一种“捕捉”方式（General Snapping 或 Interactive Snapping），以控制新添线如何被“捕捉”到已经存在的线段。

（3）当创建了一条新线后，程序会自动地在当前视图的主题属性表中添加一条新记录。当编辑主题时，该属性记录表也会自动进入编辑状态。

（4）线条是由结点组成的，当正在创建一个线条时，可以通过“弹出式菜单”选择“删除上一点”（Delete Last Vertex）来取消上一次加点，并可以不断重复直到返回新生线的起始点。

（5）新生线条与旧有线条的交叉关系一般是“立交桥式”的，如果想让新创建的线条在穿过其他线条时“劈开”旧的线条，以便分段编辑，就需要使用“要素编辑工具”中的“劈开”（Split）式划线工具。

2）线状要素的常规编辑

操作方法与“点状要素”相似。图 5-7 右侧视图内左边为一个被选中的线条（其周围有 8 个操作柄），通过拖拉“操作柄”可以改变线条的形状及长度。右边一独立线条显示了当前选中线条的复制结果，注意粘贴结束时其屏幕拷贝实际上是与原线条重合，只有当您将其拖离原来的位置才可看到复制结果。

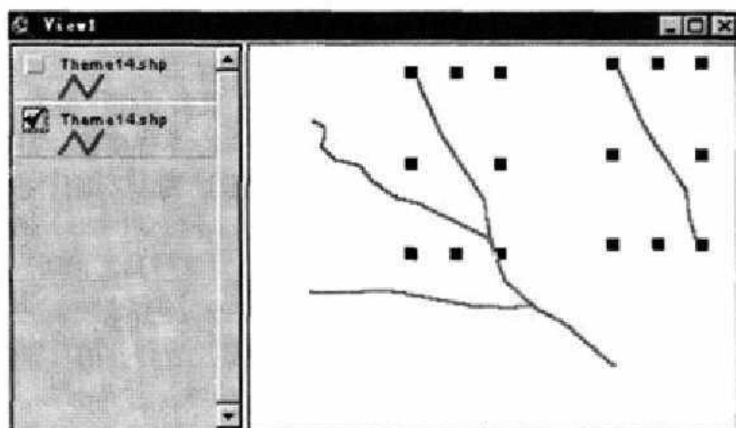


图 5-7　线段的常规编辑视图

3）改变一个线条或线段形状的方法

（1）点选工具条内的“顶点”（Vertex）编辑工具。

（2）选择要编辑的线状要素对象，对象在原来形成过程中的结点就会以“空心小矩形”（区别于操作柄）的形式出现在线条上，在此，“小矩形”被称为“顶点”。

（3）用鼠标指针指向想要改变其位置的顶点，当出现十字光标时，就可以用左键拖动以改变顶点的位置。

拖动顶点改变线条形状时应注意的问题：如果当前只是对某一条孤立的线条进行上述编辑，那么编辑结果只会影响该线条本身。如果选定的是两条线的共有线段，那么对其共有线段上某个顶点的移动将会同时改变两条线的形状。而当对两条或者更多线条的共同顶点进行编辑时，那么编辑的结果将会影响到这个“线条群”的形状。

4）劈分（Split）线状要素

在 ArcView 之中，可以使用“线条劈分”工具创建新的线条，而该线条会自动将与其相交的任何其他线条“劈分”成线段，这条线本身也将以“劈分点”为界而被劈分成线段。

线条劈分的步骤：

（1）击活主题，用“主题”菜单下的“开始编辑”选项置主题于“被编辑状态”。

（2）按下工具条中的“绘图工具板”按钮，稍顷弹出下拉工具条，在其中选定“线条劈分”（Line Split）工具（注意工具中只有它和划线工具可选）。

（3）在视图内划线的起始位置单击左键，然后依次确定其他结点位置，单击左键直到线条的终点，双击左键完成划线。这样，凡与该线条相交的所有线条（包括其自身在内）都会被成功“劈分”，成为一个个以交叉点为端点的独立线段。

注意：当一条完整的线条被“劈分”工具拆分后，原要素属性记录表中的旧有记录将自动删除，取而代之的将是与新生线段相对应的新记录（“劈分”总会伴随着“记录”的增加）。在劈分一个线状要素时，如果想要指定那些原始记录值如何被应用，就必须为表格中的每一个字段设置属性更替的规则。

另外，使用“劈分”工具划线时，必须使新划线至少穿越一个原有线条，否则，“劈分”划线将被视为“非法”。

5）合并（Merge）线状要素

如果想将一组线条联合成一个线集或整个一条线，就需要使用要素合并操作。合并操作实际上就是将选定的一系列图形要素返回并生成一个单一要素。如果有两条线共用了一个中间点，那么合并就意味着使它们成为一条完整的线，否则只能产生一种拥有若干部分的复合式图形要素——线集。

合并线要素的步骤：

（1）置线状主题于可编辑状态（击活主题 // 主题菜单 // 开始编辑）。

（2）以<Shift>键相配合，使用“指针”工具，选择要进行合并的目标线状要素（各要素将被操作手柄所包围）。

（3）从“编辑”下拉菜单中，选取“合并要素”（Union Features）项，合并即自动完成。

新生线集或线条生成后，其周围将自动出现 8 个操作柄，利用它们可以进一步调

整新生要素的位置及大小。同时，新线集或线条的生成也意味着在主题属性表中，一个用于描述新要素的新记录将取代原始线条的若干旧记录（线条的“合并”总是伴随着“记录”的减少）。在此，旧记录是在合并过程中自动被抹去的，如果想指定那些原始记录中的原始数据如何被处理，就必须为表格中的每一个字段设置属性更替的规则。

4．面状（多边形）要素的编辑

面状要素的常规编辑与线状要素相似。但由于面状要素的特殊性，使其在其他许多方面又与线状要素有着很大的差异，本节的重点就是揭示这些差异。

1）改变独立的多边形的形状

可以使用“顶点编辑工具”（Vertex Edit Tool），通过加点、删点、移动顶点来改变多边形要素的形状。在此，可以选择是否保护原有图形的拓扑关系。

当只选择了一个多边形时，对其结点的任何编辑只会影响该多边形本身的形状。

当选择了两个多边形所共有的边界（比如两省分界线）上的结点进行编辑时，其结果将会影响到两个多边形。

当选择了对两个以上多边形的共同结点进行编辑时，这些结点的任何变化将会影响到包含这一结点的所有多边形的形状。

（1）移动顶点改变多边形形状。将光标定位于想要移动的“项点”上，当光标变成十字丝形状时，按下鼠标左键拖动，使顶点到达指定位置，松开左键。

（2）用顶点编辑工具加点。置光标于多边形边界上的加点位置（图 5-8 左图多边形左侧边两顶点之间），当光标变成“十字丝外套圆”形状时，点击鼠标左键即可（图 5-8 中幅）。

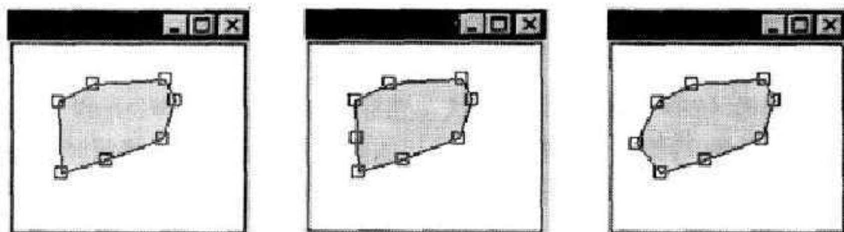


图 5-8　加点改变独立多边形形状的示例

一般来说，给多边形某边加点的主要目的就是要通过新加顶点来改变多边形的形状，图 5-8 右幅就是这种通过增加顶点数目来改变局部形状的示例（注意图形的左边）。

（3）用顶点编辑工具删点。在多数情况下，多边形顶点的删除也可以改变图形要素的形状。删除顶点的操作比较简单：将光标定位于要删除的顶点，当光标指针变成十字丝形状时，点击键盘〈Delete〉键。

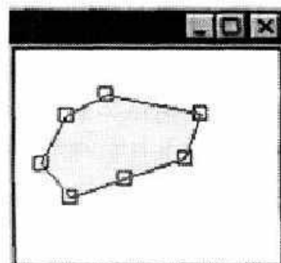


图 5-9　删点引起的多边形形状改变

图 5-9 是图 5-8 右幅多边形的左上角顶点被删除后形成的图形示例，通过对比可见删除操作前后

多边形形状的明显变化。

2）修改两个多边形之间的共同边界

具体操作步骤如下：

（1）点击“顶点编辑”工具。

（2）用矢状指针点击共同边界，空心矩形顶点将在共同边界上展现出来（注意：当共同边界较长而顶点又非常密集时，只有指针点击部位的局部出现顶点）。现在，当移动、添加或删除顶点时，边界形状就会发生变化，以至于造成两个多边形都发生相应的改变。

3）移动多个面状（多边形）要素的共同结点

与编辑“共同边界”的原理相同，移动多个面状要素的共用结点同样可以改变这些多边形的形状。下面以我国“陕、晋、豫”三省的共用结点的操作为例加以说明（图5-10）。

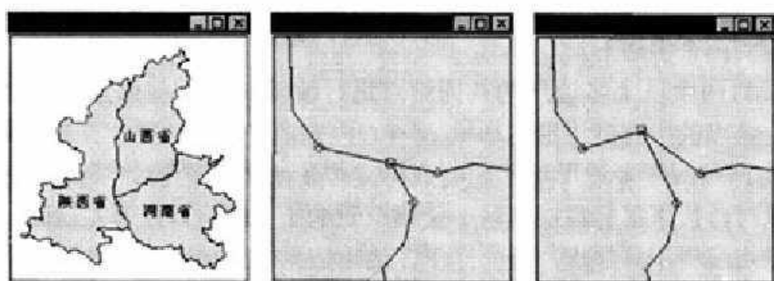


图 5-10　移动三个面状要素共同结点引起的边界形状改变

修改方法：

（1）点击“顶点编辑”工具。

（2）放大交叉区图形要素，用“矢状”光标点击三省边界的公用结点，该结点上将出现一个矩形小框，同时，在该矩形小框周围的公共边界上，也将同时出现 3 个圆形“锚”，这 3 个锚分别对应着三省公共边界上距离中心结点最近的 3 个操作“顶点”（图5-10 中幅所示）。

（3）现在移动该共用顶点，立即就可以看到“所有分享该结点的多边形”将随之发生改变。（图 5-10 中右幅所示）

4）劈分多边形要素

在对多边形进行编辑的过程中，可以使用“多边形劈分工具”（Polygon Split Tool）画出一条穿过多边形的界线，从而将原本完整的一个多边形一分为二，形成两个分离的多边形。比如，在一幅土地利用现状设计草图中，想在一个大的内部为空白的多边形图斑内按自然的拓扑关系划分出 10 个土类小图斑，就需要使用上述工具。

这一劈分工具也可用于对现存的多边形进行修改。比如在当前的多边形主题中有一个多边形，它向下突出的一个角是多余的，如果想把它剔除掉，其借助于“劈分”工具的操作方法如下（参见图 5-11）：

（1）置当前多边形主题于“可编辑状态”。

（2）调用常用工具条内“绘图”工具组的“多边形劈分工具”（图 5-11 左幅右侧所

示）。

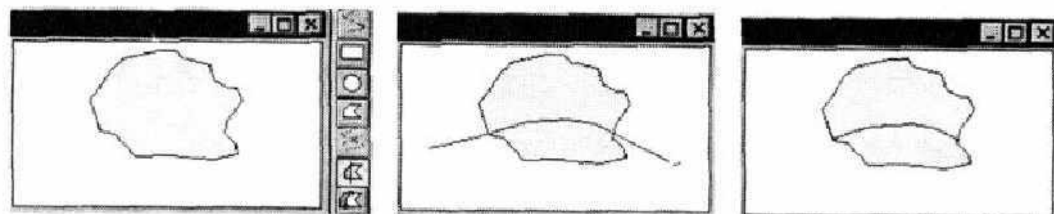


图 5-11　劈分多边形示例

（3）从目标多边形的一侧开始，点击鼠标左键划出一条穿过原始多边形的劈分线（图 5-11 中幅所示），注意到多边形另一侧后要“双击”左键，则原来完整的多边形就被一分为二（图 5-11 右幅所示）。

两个独立的多边形生成后，用“要素选择工具”选中想要删除的那个多边形（本例为下侧的那一个），然后击（Delete）键将其删除，删除后的结果如图 5-12 所示。

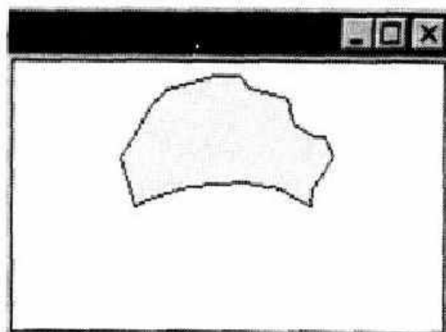


图 5-12　劈分后的一个多边形被删除的情况

注意：一条劈分线可以穿越多个多边形，使得多个多边形一一被劈分。当完成了对当前主题内某些图形要素的劈分之后，ArcView 会自动更新主题属性表中的相关记录，即自动删除原有记录，同时添加新增多边形的属性记录。

5）合并（Merge）多边形要素

如果想要将一组多边形融合成一个多边形，就需要使用“合并要素”工具进行操作。如果选择的几个多边形之间存在公共边界，那么合并之后这些公共边界将被删除，从而形成一个大的统一的多边形。如果被选择的多边形之间有相互重叠的现象，那么合并之后这些相互重叠的界线也将被删除，从而生成新的统一的多边形。如果选择的多边形之间不存在以上两种情况，也就是说不存在相互毗邻或重叠的现象（各个多边形之间相互独立），那么合并的结果将会产生一个包含若干部分的多边形“要素群”。

多边形合并的步骤：

（1）击活主题，在“主题”下拉菜单中选择“开始编辑”，使当前主题进入可编辑状态。

（2）以（Shift）键相配合，利用“指针”工具依次选取需要合并的多边形对象。

（3）在“编辑”菜单下，选择“要素合并”（Union Features）选项，则合并自动完成。

注意：当完成了上述“合并”操作之后，ArcView 会自动更新主题属性表中的相关记录，即删除原有记录，同时添加新增加的多边形的属性信息。如果想指定在要素合并过程中属性表的原有记录值如何被转换，可以为属性表中的每一个字段设置属性更替规则。

6）创建“圈饼型”（Doughnut）多边形要素

如果想在一个完整的多边形内部创建一个“圆洞”，使原多边形转变成类似“圈饼”的形状，就需要使用“要素联合”（Combine Features）工具。与 Merge Features 不同的是虽然 Combine 也可使多个要素得以合并，但在最终形成的统一多边形中，交叠的部分将被剔除，形成可见“空洞”。

创建 Doughnut 多边形的步骤：

（1）选择“开始编辑”菜单，使当前主题进入可编辑状态。

（2）使用绘图工具板内的“多边形”、“圆”或者“矩形”绘制工具（选哪一种要视用途而定），在目标多边形层面内部绘出一个想挖去的较小的多边形区域。

（3）使用“指针”工具依次选定前后两个多边形要素。

（4）从“编辑”下拉菜单中，选择“要素联合”（Combine Features）项，则一个新的“圈饼状”多边形随即产生（图 5-13）。

在图 5-13 中，左侧图形为“编辑”下拉菜单，其中被选定的项目“要素联合”呈高亮度显示；中间图形为大、小两个多边形同时被选中的情况；右侧图形则为“圈饼”形成后的视图外型。

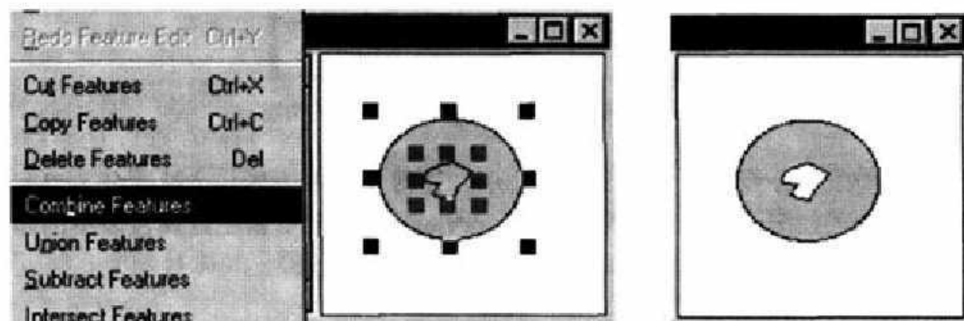


图 5-13　创建“圈饼型”多边形示例

注意：如果后一个多边形与原多边形并没有交叠，即小多边形并不位于大多边形的里边，那么上述操作的结果就只相当于“合并”（Merge）。

7）删除多边形之间的交叠区域

在当前所编辑的多边形主题要素中，如果这样的有两个多边形：它们相互交叠，具有两个多边形都包含的公共“交叠区域”。对于这样一个重叠区，完全有办法将其去除，使之转化为两个多边形之间的共同边界，即将两个交叠多边形变成两个毗邻多边形。

假定正在向当前主题添加一个新的多边形，该多边形的某些部分已经超覆于另一个早已存在的多边形之上，造成新、老两个多边形出现“交叠区域”，如果想去掉这一“交叠区域”，可按照下列步骤进行操作：

（1）击活主题，调用“主题”下拉菜单中的“Start Editing”选项，使当前主题处

于可编辑状态。

（2）以〈Shift〉键相配合，使用“指针”工具依次选定两个“交叠”多边形。

（3）在“编辑”下拉菜单中选择“剔除要素”（Subtract Features）选项。这样，当前两个多边形的“交叠区域”将被自动去除，两个原有重叠现象的多边形随即转变为毗邻多边形。

操作中须特别注意：如果想要颠倒以上操作的次序，比如不是想从底层要素中去掉顶层要素，而是想从顶层要素中去掉底层要素，那么，就需要在选择“去除”菜单之前先按住<Shift>键进行操作。

另外，也可以利用以上工具创建一个“岛状”多边形。也就是一个完全被另一个较大的多边形包围而又与之没有任何“交叠”现象的小的多边形。操作方法是：先在大多边形内部画出一个想要的、完全被大多边形所包围的小多边形，然后用“指针”工具依次选定这两个多边形，最后再选择“去掉”（Subtract）菜单选项。

8）获取多边形之间的“交集”（Intersection）

与数学上对集合求交集有所不同，获取多边形之间的“交集”（Intersection）实质上就是搜索多边形之间的“交叠”区域，然后将其转变成新的多边形。

如果在当前主题中包含有几个相互重叠的多边形，而又仅仅只对这个或这些重叠区域感兴趣，那么下列方法可以实现这一操作愿望。

求多边形“交集”的步骤：

（1）击活主题，并置其于可编辑状态。

（2）使用“指针”工具在视图中选定想要搜索“交集”的全部多边形。

（3）从“编辑”下拉菜单中，选择“交集要素”（Intersect Features）选项。这样，这些多边形之间的公共“交集”将会形成，并转换成一个独立的新生“多边形”。（图 5-14 所示）

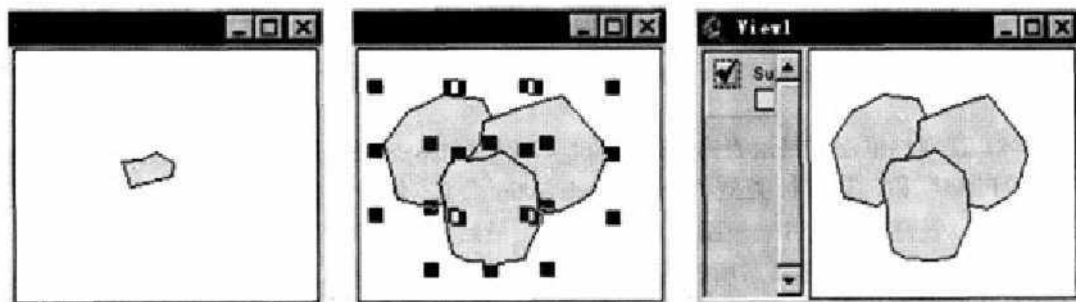


图 5-14　获取多边形“交集”的示例

在图 5-14 中，右幅为三个相互交叠的多边形原型；中幅为创建“交集”前原始图形要素被选中的情况；左幅为所创建的“交集”多边形。由左图可见，操作过程完成后，除了新生的“多边形”之外，三个原始多边形已经被自动删除。

与多边形的上述几个编辑工作相似，一个“交集”多边形的创建过程，实际也伴随着其“主题属性表”的自动更新过程。

第三节　建立 Shape 文件的热链接

在主题中允许将一个图形要素设置成指向当前主题之外的另一个指定目标的“热链接”。通过“热链接”，可以在视图中显示出另外一幅图像或文本，或者打开另一个项目组件（如：View、Layout、Chart 等），或者经由一个 Avenue 脚本链接到一个外部程序。

要在一个主题中使用热链接，就必须首先进行“热链接”设置。

1．设置或定义一个热链接的方法

（1）击活主题。

（2）选定主题视图中须定义热链接的“图形要素”目标。

（3）在“主题”下拉菜单中选择“属性”（Properties），弹出主题“属性对话框”，见图 5-15。

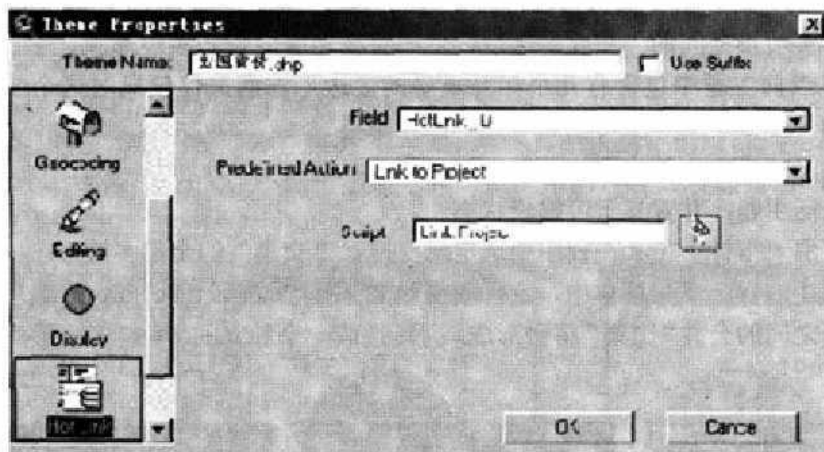


图 5-15　主题属性对话框内的“热链接”选项

（4）在对话框左侧目录表内选择“Hot_Link”图标，并在右侧填充区依次指定链接设置的“Field”和链接目标类型“Predefined Action”（本例分别为：属性表新添字段——HotLink_ID 及链接到项目——Link to Project），最后单击“OK”确定。

注意：在某一图形要素所指定的链接字段的相应记录处，一定要添加有效的链接目标名称及磁盘位置。

图 5-16 左幅示意当前指定的链接目标为：c:\windows\temp 目录下的 proj1.apr“项目”文件；右幅为“链接”被执行后的 Project 组件示意（链接前的项目的“视图”列表中仅有 View1 与 View2 两个项目，由于作为链接目标的 Proj1 项目本身也有两个 View，因而当链接被执行后，当前项目中的视图就总共包含了 4 个 View，其中：两个 View1、两个 View2 的视图内容并不一致）。

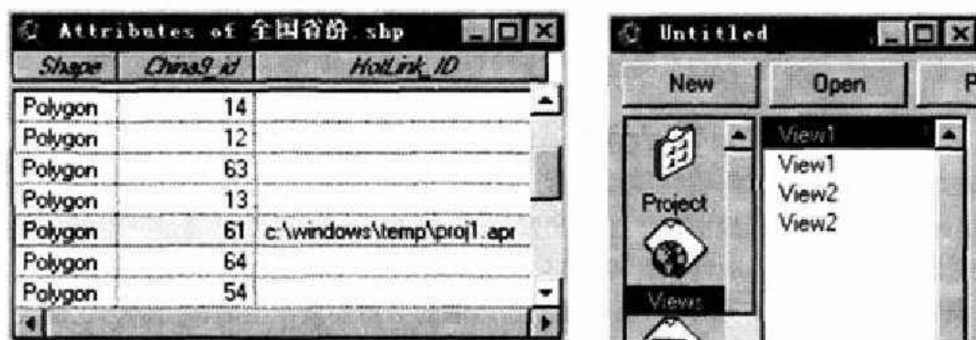


图 5-16　在特征表内设置链接目标及链接被执行后的项目视图列表

2. 执行“热链接”的方法

执行“热链接”与在网络浏览器中执行“超级链接”的方法非常相似。只要当前视图的“主题”中已经存在被定义的“热链接”，那么视图工具栏内的“热链接”工具就会由灰变黑。单击该“热链接”工具，则光标变为“闪电”形状，这时只要将此“闪电”定位于被指定过“热链接”的图形要素上单击，则“热链接”立即被执行。

ArcView 主题要素中的热链接对象，既可以是图片、图像，也可以是应用文档、文本文件，或者是用户自己编写的 Avenue 脚本。但是，有一点应当注意：虽然可以在一个“主题”内的不同要素之间定义多个链接，但由于链接是基于主题属性表中的某一个特定字段，所以在一个主题内执行“热链接”就只能是同一种热链接类型，即要么都是图片，要么都是文档等等。

第六章　专题地图编制

ArcView GIS 电子地图的“图面配置”，简称“Layout”，它是通过一个叫作“版面设计”的过程完成的。版面设计可以将 ArcView 项目中除自身之外的所有组件（如视图、图表、表格、脚本等），以及一般专题地图的必备要素：图名、图例、比例尺、指北针等，甚至外来的图形图像等地图素材，经过整饰而组合成内容充实、表现方式多样、易于编辑修改与动态更新的专题地图。

Layout 的功能核心是“版面设计”，除此之外它还可以利用“画图工具”直接在空白图面上进行点、线、面等多类图形的绘制，能够帮助用户对图面上业已布置的各种素材进行再修饰，利用各素材在图面空间上的不同组合可以生成丰富多彩的专题地图。

第一节　版面设计（Layout）的操作基础

版面设计的基本操作包括：

1. 查看现有版面设计

打开项目窗口，单击专题地图（或版面设计）图标，目前业已存在的所有的 Layout 将以（文件名）列表形式立即出现在项目窗口的右窗格之中（图 6-1）。

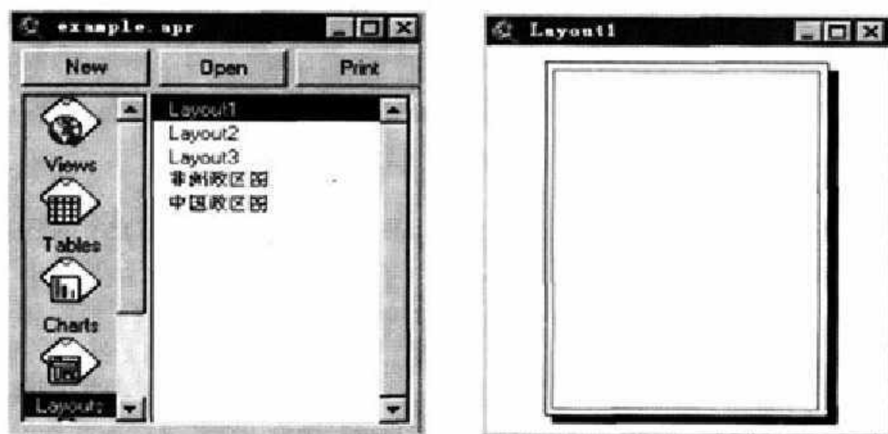


图 6-1　打开 Layout 界面

2. 创建一项新的专题地图

在项目窗口内，选中“版面设计”图标，单击“新建”（New）按钮，ArcView 便自动生成一个新的空白的专题地图，其名称被添加到 Layout 列表中。如果“新建”的 Layout 不只一个，那么程序将按生成的先后次序，分别赋予专题图以 Layout1、Layout2、

Layout3 等默认名称。

此外，通过双击 Layout 图标也可以创建一个新的“Layout”。

3．打开、关闭版面设计界面

双击项目窗口右窗格 Layout 列表中的指定对象可打开版面设计界面，关闭操作与普通窗口的关闭操作相同。

4．给“版面设计”文件换名

有两种方法：一是先单击选中 Layout 列表中想要换名的专题图，然后从“Project”下拉菜单中点选“换名”（Rename），再在弹出的对话框内输入新的专题图名称，点击“OK”确定后，换名完成。另一种方法是双击打开想要换名的专题图，然后通过调用“Layout”下拉菜单中的“属性”对话框来完成。

5．保存版面设计的结果

因为 Layout 是 ArcView 中 Project 的基本组件之一，所以通过保存 Project 就可以实现对 Layout 的自动保存。保存“项目”有两种方法：一是调用“文件”下拉菜单中的“Save Project”，另一种是单击工具条中的“Save Project”（保存）按钮。

6．版面设计的拷贝

如果想从另一个“项目”中将一幅专题地图复制到当前“项目”之中，应该首先通过调用“Project”下拉菜单中的“Import”选项将该项目“导入”到当前项目中，这样不仅源项目中的专题地图（Layout）被复制，而且其他属于源 Project 的组件也都被复制。如果新“导入”的组件对当前项目并无用处，也可以通过先选定“组件”对象，然后调用“项目”下拉菜单中的“Delete Layout”将其删除。

第二节　版面设计的一般步骤

在 ArcView 中，用户不仅可以将 Project 中的若干视图、图表、表格作为专题地图版面设计的组件，而且也可以将不同格式的图形图像纳入到新生成的专题地图中去，生成一幅专题地图的步骤如下：

1．打开或创建一个“项目（Project）”

ArcView 电子专题图的制作必须依赖特定的“项目”环境，如果还没有打开一个项目，那么在开始地图制作之前，请从“文件”下拉菜单中选取“Open Project”，从而打开一个业已存在的“项目”，或者也可以通过选取“New Project”生成一项新的“项目”。

2．在“项目”中新建一幅专题地图的“版面设计”

在项目窗口中双击“Layout”图标，或者先单击图标，然后点选“新建（New）”按钮，则一个新的专题地图版面设计将产生于“项目”之中，并以“Layout1”为名称显示于项目窗口右侧窗格的列表区。通过此法可以再创建多个“版面设计”，默认名称

依次为 Layout2、 Layout3、 Layout4 等等。这些名称均可以通过上述方法变更成用户易于理解的名称。

3. "专题地图"的页面设置

在向专题地图添加必要的地图要素之前，首先通过"页面设置"指定输出页面的大小、单位、页面方向和页边距等特征。

页面设置的方法是：调用"Layout"菜单下的"Page Setup"项，然后在对话框内指定各项内容。

4. 给专题地图添加"视图"

页面设置完成后，专题地图的图面大小及方向就已确定，用户随后就可以给专题图添加必要的地图要素了。在各种专题要素中，"视图"作为版面设计的"主图"，地位非常重要，它是专题地图的核心。

一般来讲，创建一幅包含地理数据的地图必须首先向版面设计（当页面设置完成后即可称其为"地图页面"）添加一个"视图"。

一个视图在一幅"地图页面"中被显示在一个所谓的视图"帧"（Frame）中，帧是摆放地图要素的虚拟框，可以被看作是装载地图要素的"容器"。在页面容量许可的情况下，用户可以将任意多个不同的"视图帧"放置在专题地图中，每一个视图帧的属性都可以单独去查看或改变。

在一个空白的"版面设计"（Layout）中添加一个视图帧的方法是：

（1）点击工具条中的"帧工具箱"，在弹出的系列工具中选择"视图帧"工具（图6-2）。

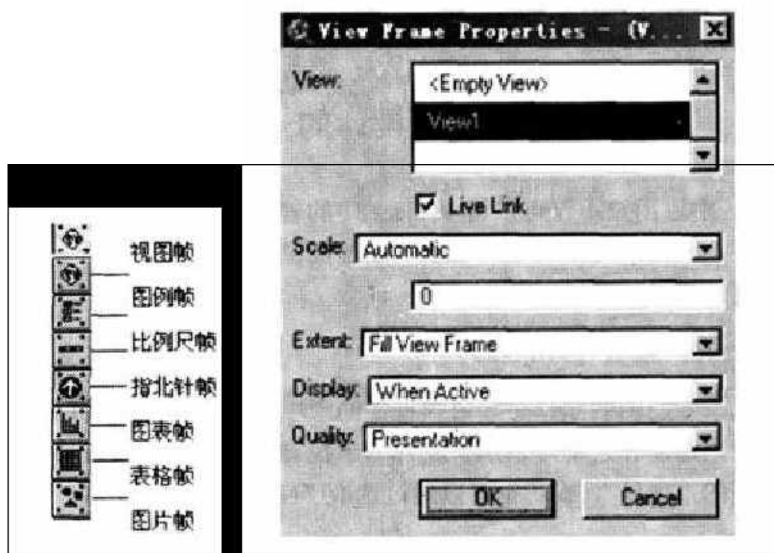


图 6-2 视图帧工具

（2）将光标移到地图页面内希望放置视图的位置，用鼠标左键拖拉的方法定义好一个视图帧（矩形框）。

（3）在随即弹出的“帧属性对话框”内，设定相关项目。

图 6-2 内各选项的具体内容及操作要点：

指定视图：在列表框内选择视图名称即可，也可以在一个视图帧内不摆放任何视图。

活动链接：在复选框内打上“√”标记，则可击活链接。这样，该视图帧内的地图内容将会随着当前项目中“视图”内容的改变而改变。也就是说，专题地图中的主图内容将会动态反映“视图”内容的变化。

指定比例尺：有“自动地”与“用户自定义”两个选项。选择“自动”将会使专题图内的显示比例尺与视图原本比例尺一致，这样当视图帧范围小于原图时，就会只显示视图的一部分。如果选择“自定义”，那么其下侧的比例尺数据输入区将会由灰变黑，在文本输入区键入相应的数字，即可完成视图帧内视图显示比例尺的人工设定。在此应当注意：在选定“自定义”之前，用户必须预先设置好“视图”的地图单位，否则该对话框的比例尺数据显示区将出现“0”。

指定范围：有“按视图帧大小填充（Fill View Frame）”和“按视图大小进行剪裁（Clip to View）”两个选项。

指定显示方式：有“当图面设计被激活时”和“总是”两个选项。前者是缺省选项，在此选项下，当“版面设计”被激活时，ArcView 只显示当前视图帧的内容，而如果“版面设计”没有被激活，其内容将不会被重绘。后一选项则是在任何情况下都显示视图帧的内容。

指定配置质量：有“草稿（Draft）”和“完全表达（Presentation）”两种选择。前者可在当视图帧内容非常复杂、为了提高显示或打印的速度时使用；后者则常在当专题地图设计工作完全定稿以后使用。

（4）给专题地图添加“图例”（Legend）

在大多数情况下，图例是正确阅读专题地图所不可缺少的地图要素。在 ArcView 的专题地图中，图例的功能以符号形式展示项目视图的主题内容，是对主题内容的简要说明。

在空白图面内添加“图例帧”的方法与上述添加“视图帧”的方法相似，只要正确选择操作工具即可。图 6-3 是添加图例帧之后随即弹出的“属性对话框”。

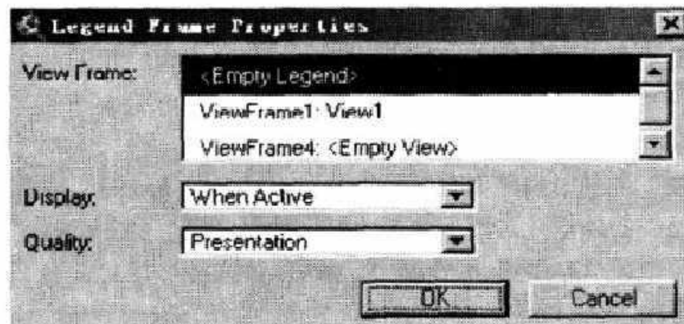


图 6-3　添加图例帧之后随即弹出的属性对话框示意图

其中，“View Frame”列表区显示出已存在于版面设计中的与之相关联的视图帧的

名称列表，用鼠标单击与当前图例编辑相关的视图帧名称即可。在“展示（Display）”下拉列表中，有两个选择，分别是“When Active”和“Always”，其功能与前述“视图帧属性对话框”的对应选项一致。“质量（Quality）”下拉列表的两个选项是用于控制图例的展示质量的，选项的不同之处如前所述。

（5）添加比例尺

ArcView 支持不同类型的比例尺，有数字比例尺、不同外型的图形比例尺等。比例尺类型的选择可以通过“比例尺属性对话框”（图 6-4）中的“类型（Style）”下拉列表选取。另外，对话框内的“单位（units）”的默认选项与相关视图框内视图的比例尺一致。其他三个文本区分别设定主比例尺的总长度、主比例尺的分段数目以及副比例尺的分段数目，三项都仅对图形比例尺有效。

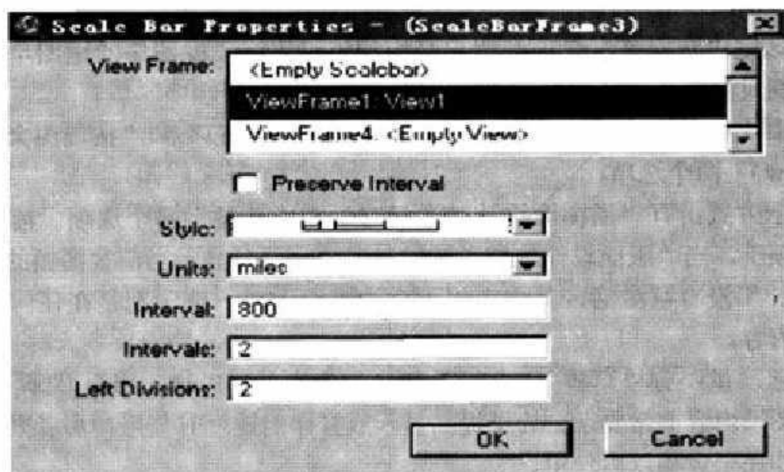


图 6-4 比例尺属性对话框

（6）添加标题（图名）

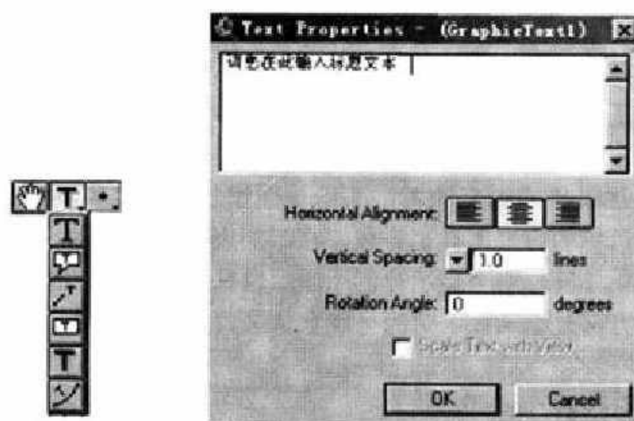
当对版面设计中的各个主要地图要素都感到满意之后，即可向专题地图添加“图名”。图名在专题地图上是作为文本出现的，因此它的添加就不需要调用所谓的“帧”工具，而是直接用鼠标选定“文本”工具（图 6-5 左），在文本工具的下拉工具中可以选择多种文本显示风格。工具选定后，再用光标在图面希望添加标题的地方定位，这时就会立即弹出“文本编辑对话框”（图 6-5 右）。在对话框内，在上部文本区内输入标题内容后，一一设定文本的对齐方式、旋转角度等项目，即可完成全部工作。

（7）添加指北针（可选项）

首先单击“帧”工具中的“指北针帧”（North Arrow Frame）按钮，然后在图面上用鼠标拖拉出“帧”的外框线，出现“指北针属性对话框”（图 6-6），选择指北针的风格并设置好方向角，最后单击“OK”确定。

（8）添加图廓线（Neatline）

图廓线亦称“整饰线”，功能是为主图或整个专题地图提供“线状”边界。在专题地图创建过程中，常用工具条内新增了一个专门用于添加整饰线的按钮，单击此按钮，将弹出属性对话框（图 6-7）。



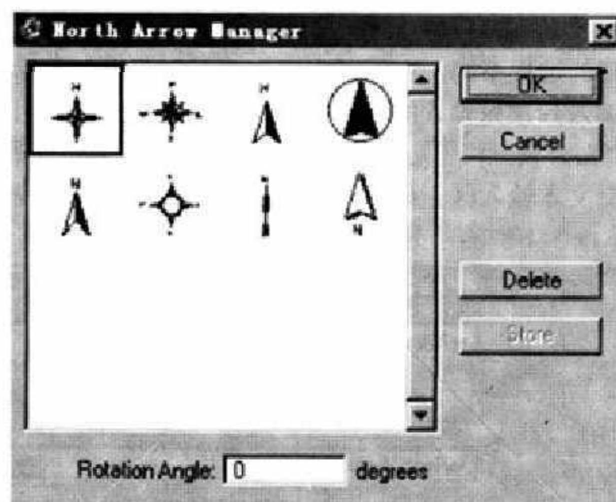


图 6-6　指北针属性对话框

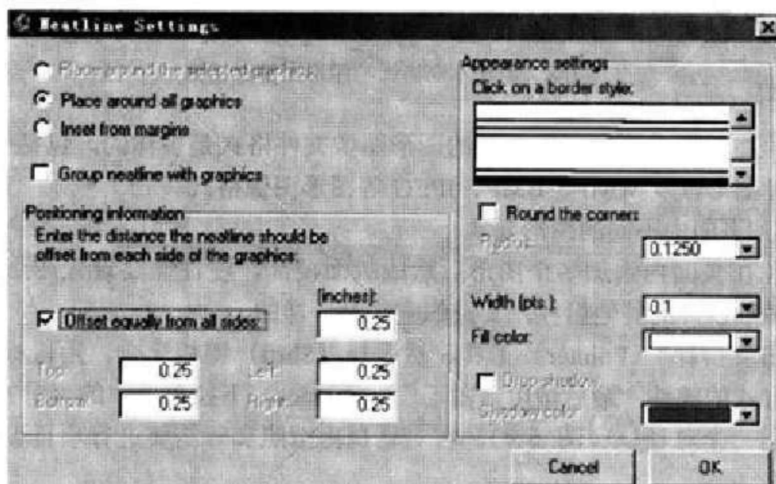


图 6-7　整饰线划设置对话框

通过这个对话框，可以控制整饰线的位置是位于所有图形或被选图形的外围，还是位于页面边距之内，也可以通过设置线型、线宽、边角类型来改变整饰线的显示风格，此外还可以设置背景色及阴影。

（9）添加表格和图表

为地图页面添加表格或图表的方法与给页面添加一个“视图”的方法类似，即通过选择“帧”工具组中的特定工具来完成。在添加表格时须注意：当“项目”（Project）中当前表格的记录项并没有完全显示时，添加后也只能显示原有的一部分；当表格的可见记录区在项目中有部分记录被选定而呈现默认（黄色）背景时，添加后相应记录也会保持这种色调。

（10）创建“点、线、面”图形

在图面上创建“点、线、面”图形，实际上就是利用常用工具条中的“点、线、面”绘图工具在页面上绘制图形，操作方法参见第五章的有关内容。

（11）添加不同格式的图形图像

与以上创建图形的过程不同，在图面中添加“图形图像”实际上就是将磁盘上现成的图形图像文件调入到预先设置的“图片帧”内。当用户在常用工具条的“帧”下拉工具组合中单击“图片帧”按钮后，随即弹出如图 6-8 所示的对话框。该对话框设置的关键是在“文件”文本输入区正确键入图形图像文件的磁盘路径及文件名，本项操作也可以借助“文本框”下侧的“浏览”（Browse）按钮来完成。

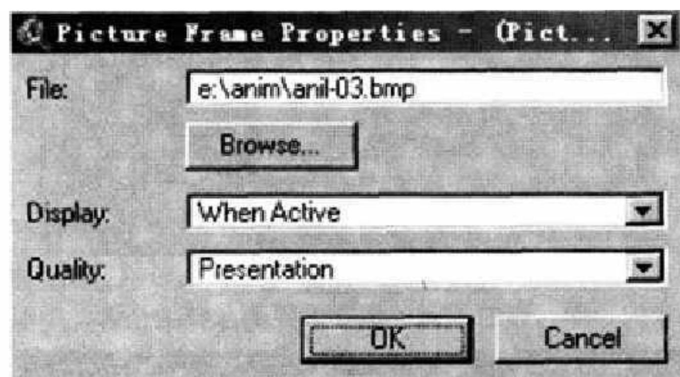


图 6-8　添加不同格式的图形图像对话框

实际上，在版面设计中可以装载的图形图像文件格式是多样的，包括所有的表格、图表、指北针图形以及 WMF、BMP、JPEG 等图形图像格式。

（12）排列页面中不同的图形要素

为了避免在页面内添加多个图形后造成版面凌乱，往往需要设置图形图像的对齐方式。对于图形以外的其他组件，其操作方法是一样的。

首先单击“指针”（Pointer）工具，然后与〈Shift〉键相配合，用鼠标逐一选定想要设置对齐方式的部件，最后调用“图形”（Graphics）下拉菜单中的“对齐”（Align）项，随即弹出一个对话框（图 6-9）。在对话框内按照实际需要进行项目设定，即可完成此项工作。

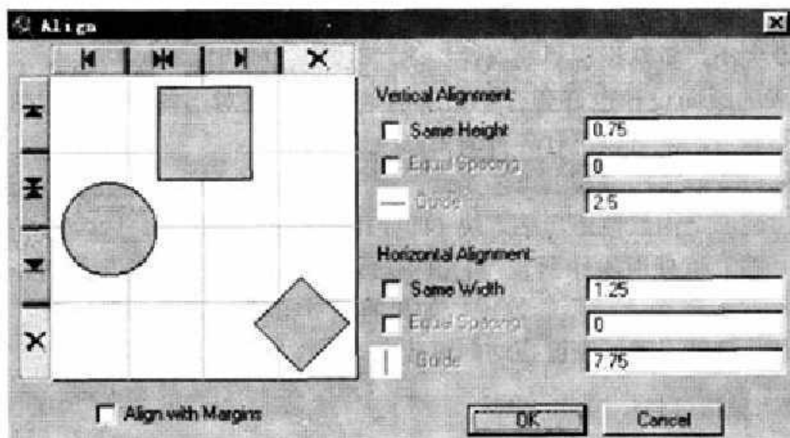


图 6-9　图面内不同组件排列方式选择对话框

（13）帧内容的简化（Simplify）

在版面设计中，“简化”选项可将一个完整的帧的内容分解成各个部分，这样就可以对单个要素进行单独编改。比如，用户想要改变“图例”的字体以及各图例要素之间的距离，就需要运用此功能进行简化和分解。

简化的方法是：① 单击指针工具；② 选择想要简化其内容的帧；③ 调用“图形”菜单中的“简化”(Simplify）项，则帧中的所有要素将被操作柄包围，这时就可以用鼠标任意选择一个或几个要素进行移动、复制、删除等操作。图 6-10 就是在原“中国分省地图”的基础上，将 Layout 中的“视图帧”做了简化，再将“东北三省”和“西北五省区”分离出来的结果示意图。

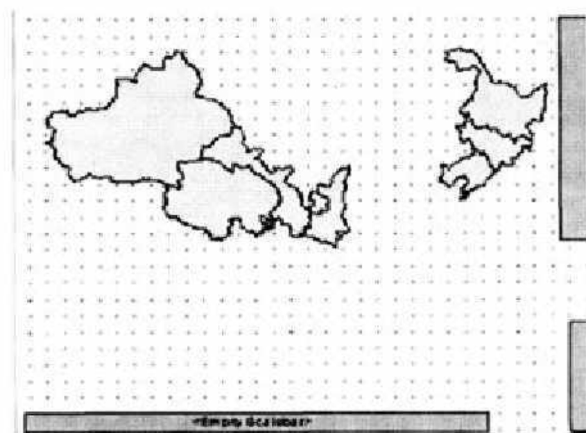


图 6-10　东北三省和西北五省区示意图

第三节　图面素材的重新组织

如前所述，ArcView 的图面是由各种“帧”所组成的，每一个“帧”都是专题地图

的一个组件。所谓素材的重新组织就是指对图面中的各个帧所进行的编改操作。包括：调整其位置及大小，重新设置“帧属性”，分解或简化帧内容等等。

业已形成的版面设计也许会有不如意的地方，如果对当前专题地图图面组件的排列组合形式不满意，就可以进行各种编辑修改操作。

“帧”的位置及大小调整的方法是：首先用“指针”工具选中目标“帧”，该“帧”的周围随即出现一个由黑色矩形小方块（即操作柄）组成的方框，然后将指针置于“帧”内部（注意不要靠近任何操作柄），当光标变成“十字外向”箭头形状时，按下鼠标左键拖动，即可改变整个“帧”的位置；如果将指针靠近或置于任意操作柄时，光标则会变成双向箭头形状，通过左键拖动则可改变“帧”的大小。

1. 重新设置“帧”属性

对于图面内的任意一个“帧”，通过鼠标双击，即可打开与其相关的“属性对话框”。而通过对对话框内容的重新设定，可以改变“帧”在图面内的显示特性。

2. 分解或简化“帧”内容

如前所述，一个完整的“帧”一旦经过“简化”（调用“图形”菜单下的“简化”选项），其完整的内容就将被分解成“部分”。例如：原始“图例帧”本来是一个整体，所有的编辑修改操作必然会对其符号及文字说明同时起作用，如果只想对其文字说明部分或者图例符号部分单独进行修改，就必须首先将整体图例通过“简化”分解成“部分”，然后再选定单个组件进行编辑。图 6-11 是一个图例帧“简化”前后的图形对比（注意图中操作柄的变化情况）。



图 6-11　图例帧“简化”前后的图形对比

第四节　创建用户模板

用户可以将当前任何图面设计的模式保存成一个“设计模板”，这样就可以使用自己的自定义模板为其他图面设计工作服务。为了省却日后的麻烦，一般在将一种设计方案保存成模板之前，应该将当前图面的所有帧内容清空。比如要清空一个视图帧，其方法是用指针工具双击帧，从随后打开的“视图帧属性框”中的视图列表栏选择“空视图”（Empty View）。清空帧组件内容的作用就是使利用本模板所新建的版面设计与项目本身的内容无关。当日后该设计模板被其他项目使用时，任何视图、数据表、图表、图形等都可以被分配到这个空的“帧”之中。

将设计方案保存成模板的操作方法：在“Layout”菜单下，选择“Save as Template”，然后在弹出的对话框（图 6-12）内，输入模板名称，确定一个图标即可完成。以后使用该模板时，在同样的下拉菜单中选择“Use Template”，从模板列表中单击相应的图标即可。

在图 6-12 中，左幅为“保存为模板的属性对话框”，右幅为在该对话框内单击“选择”（Select）后弹出的“图标管理器”对话框，其功能是为当前新建的“用户模板”选择一个合适的图标。

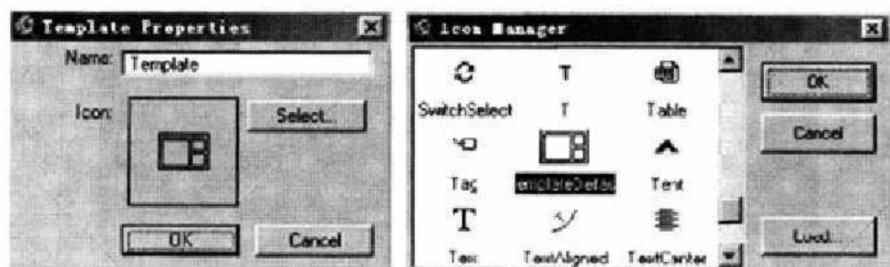


图 6-12　模板属性对话框及“图标管理器”示图

第五节　专题地图的打印

图面设计的成果可以用三种方法进行打印：一种是调用“文件”菜单下的“打印”项；一种是在“Layout”窗口单击常用工具栏的“打印机”按钮；第三种是先选中“项目”（Project）窗口右窗格内的“Layout”列表中的专题对象，然后单击项目窗口上部的“打印”（Print）按钮。

在图 6-13 所示的“Layout”和“Project”综合界面中，可清楚地看到上述“打印”按钮及一个“打印”下拉菜单（注意图中“白色椭圆”标示的地方）。

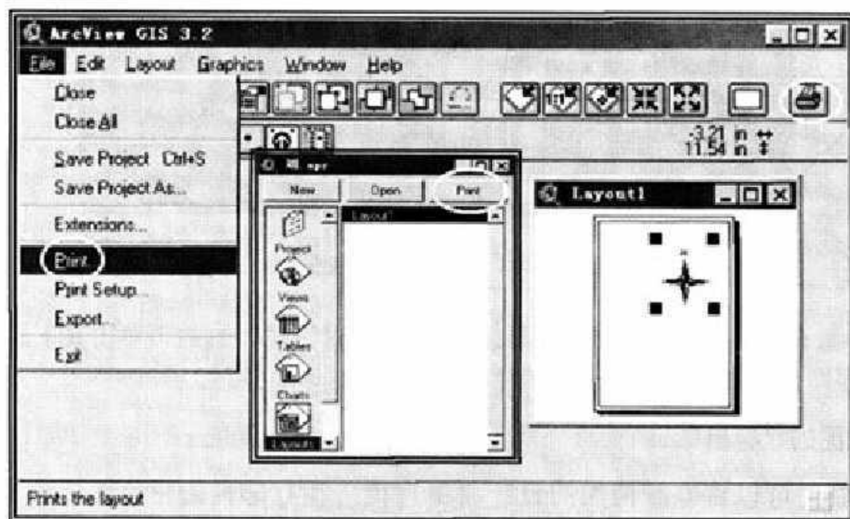


图 6-13　打印操作键的设置示意图

1. 专题地图的打印步骤

（1）通过点选上述按钮或菜单，调出“打印对话框”（图 6-14）。

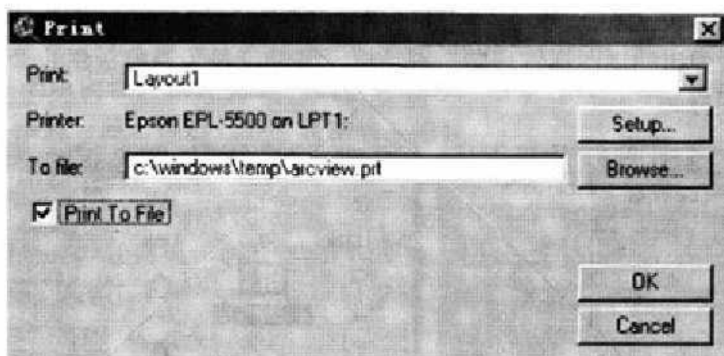


图 6-14　打印对话框

（2）如果需要对打印参数进行设置，则单击该对话框中的“Setup”设置按钮，自动弹出一个“打印设置”对话框（图 6-15），在此对话框内可对“打印机类型”、“打印纸张大小”、“打印属性”等有关项目进行设置（另外还可以通过调用“文件”菜单下的“Print Setup”选项来对打印参数进行专门设置）。

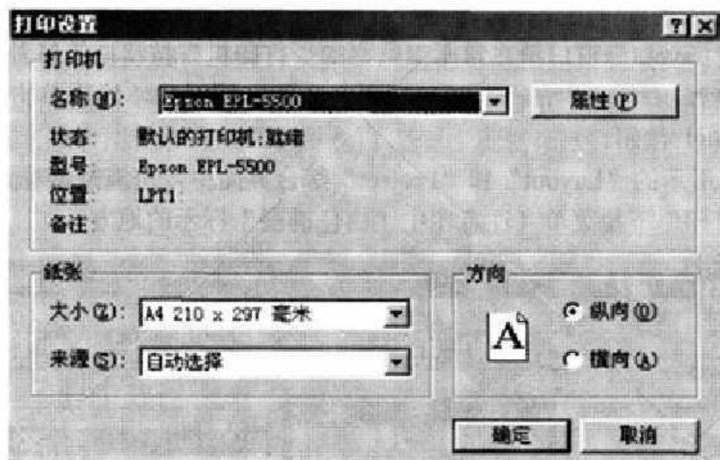


图 6-15　打印设置对话框

（3）参数设置完成后，单击“OK”返回到“打印对话框”，这时再单击其下部的“OK”按钮，程序即自动开始将打印作业送往打印机进行打印动作。

2．专题地图的“导出”

用户除了可以将专题地图的设计成果直接送往打印机输出之外，也可以运用 ArcView 提供的“导出”（Export）功能将专题地图的成果输出成一个图形文件，以便使其能够在其他专门的图形处理程序中进行深入加工与修饰，或者将其应用到一个由其他应用程序创建的报告或演示文稿之中。

ArcView 所支持的专题地图的“输出”格式有：EPS、Adobe、Illustrator、CGM、BMP 和 WMF 等。

3. 打印到文件

如果当前所使用的电脑缺少理想的输出设备（如大型绘图仪），也可以利用“打印对话框”内的“打印到文件”（Print to File）复选框（图 6-14 左下侧），将专题地图文件转换成一个专门的“打印机文件”（以.PRT 为扩展名），再将该 PRT 文件拷贝到软磁盘或其他活动存贮介质，然后转移到其他连接有大型商用打印机或绘图机的电脑系统上输出。

第七章　ArcView 用户界面的自定义

ArcView 用户界面的自定义是指用户通过调整 ArcView 的项目组件及其主菜单、按钮条、工具条、弹出式菜单的排列组合方式，以改变 ArcView 用户界面的基本外观的交互式操作。ArcView 的自定义操作有着自身特定的对话框，在对话框之内，用户可以根据自己当前研究项目的特殊需要给用户界面添加新的控制项，也可以删除自己不需要的或根本用不着的控制项。此外，用户也可以添加经常使用的脚本，使这些脚本能够与新增控制项或者基本操作事件（如打开、关闭一个文档类型）相关联。另外也可以简单地将它们纳入到默认的设置中去。

为使用方便而自定义 ArcView 界面，可以为每一种默认类型（如：View、Table、Chart、Layout、Script、Project、Appl 等）创建自定义设置，从而创建新的用户界面。

用户所创建的自定义设置可以保存成一个名为 default.apr 的默认文档文件。该文件被贮存于用户设定的 HOME 文档目录之下，每当用户启动 ArcView 应用程序时，系统将会自动读取该文档信息，并使其凌驾于系统默认设置文件之上，优先生成用户“自定义界面”。

ArcView 系统界面配置文件也取名为 default.apr，不过它被贮存于系统装载路径中的 etc 文件夹之内，如果用户当前打开的项目路径之下没有用户自定义的 default.apr 文件，则 ArcView 启动时将自动读取该系统配置文件，生成标准的缺省 ArcView 界面。

第一节　自定义用户界面

如前所述，ArcView 的“项目”实际上是由一系列组件（如：View、Table、Chart 等）所组成的文档集合。每一种组件或文档都具有相似的“图形用户界面”（英文缩写：GUI），各种类型“组件”的 GUI 都是由 3 种基本控制群组所组成，它们分别为：菜单栏、按钮条、工具条。使用 ArcView 所提供的简单编程语言 Avenue，用户可以对 GUI 进行修改，比如可以添加、删除或整理组件，可以修改每一种控制群组的属性值，也可以对每一个组件之下的所有“控制项”进行编辑。总之，ArcView 可以使用户随心所欲地创建一种符合自身需要的自定义界面。

实际上，用户在进行自定义界面操作时并不需要使用繁琐的 Avenue 编程，通过双击 ArcView 当前界面中的按钮条或工具条中的任意空白区，即可弹出一个能够轻松完成全部自定义工作的“自定义界面”对话框（图 7-1）。

1. 自定义界面对话框的内容

由图 7-1 可见，ArcView 的自定义界面对话框分为 3 大功能区：



图 7-1　用户自定义界面对话框

1）上部区

包括两个下拉列表框和三个操作按钮。

（1）“类型”（Type）下拉列表框：包括 Project、View、Table、Chart、Layout、Script、Appl 七个选项，如图 7-2 左幅所示。

（2）“种类”（Category）下拉列表框：包括 Menus、Buttons、Tools、Popups 四个选项，如图 7-2 右幅所示。

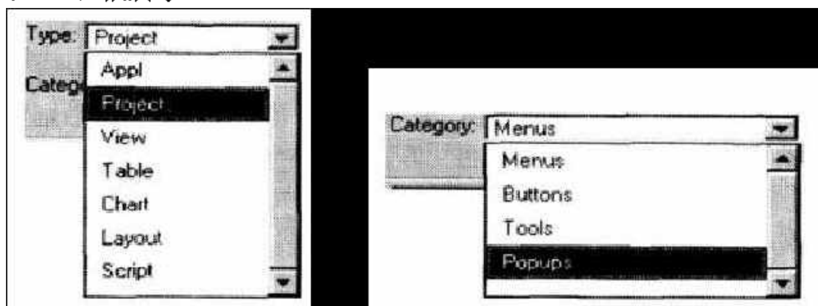


图 7-2　自定义对话框内上区的两个下拉列表框

（3）“编辑”（Edit）按钮：单击它，将会弹出一个“项目组件自定义”对话框。操纵对话框，可以控制 ArcView 项目窗口中的组件类型及其排布方式，也可修改各组件的名称，比如：根据视图的实际内容，将原来的名称 View1 改为“世界地图”，将另一个 View 的名称改为“中国”等等，如图 7-3 所示。

（4）“重置”（Reset）按钮：单击它，则放弃当前自定义编辑，恢复界面的系统设置值。

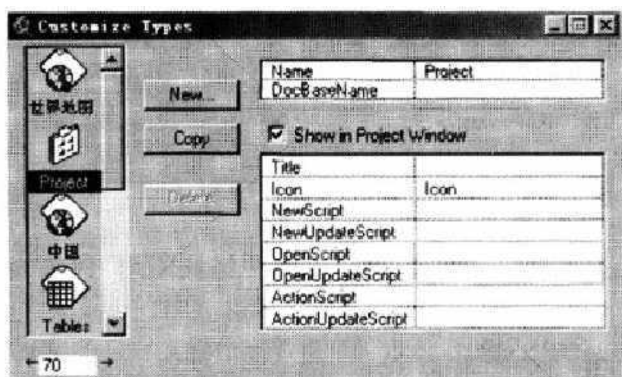


图 7-3 项目组件自定义框

（5）"创建用户默认文件"（Make Default）按钮：单击它，则将用户自定义的界面设置为"用户默认文件"。文件名为：default.apr，保存在 HOME 用户目录之中。

2）中部区（控制编辑器）

功能：重新组织图形用户界面（GUI）。用户可以通过修改控制项来改变 GUI 的外表，配合"描述区"下侧提供的几个按钮：添加（New）、删除（Delete）、分隔（Separators），可以添加新的控制项、删除多余的项以及对控制项的水平、垂直排列进行分组（通过插入空格实现水平分组，通过插入一条水平线将垂直项目分开）。

3）底部区（属性列表区）

位于整个对话框的底部，外形是一个二维表格。表格动态反映出上述两个区域对应选项的综合属性信息，这些属性信息决定着 ArcView 图形用户界面的操作行为及外表。

用鼠标双击二维表的表行任意处，将弹出相应的编辑对话框，通过对话框可以实现对表内各属性项的属性值的修改。由于表格内各个属性值类型不同，双击则可能带来三种结果：

第一，如果该行属性值反映的是"逻辑判断"（回答：是/否）型属性信息，则双击的结果将立即在"是/否"之间进行变换（比如：原来值为 Ture，双击后则变为 false）。

第二，如果该行属性值是一种说明性的"字符串"信息，则双击之后，将弹出一个"字符串"编辑框，在该框内用新设字符串信息取代旧字符串信息之后，单击"OK"即可完成编改。

第三，如果该行属性信息是属于"Avenue"函数型的，则双击后将会弹出一个"脚本管理器"（Script Manager），如图 7-4 所示。用户根据需要可以在管理器的列表区选择合适的脚本类型，然后单击"OK"确认。

综合考虑各种控制项属性，可将底部列表区的属性设置功能概括如下：① 控制项是否可见？② 控制项是否活动？③ 与按钮或工具条相关的图标设定；④ 与工具条相关联的光标形状设定；⑤ 出现于状态栏的提示信息；⑥ 与控制项相关联的帮助主题信息；⑦ 被特定控制项执行的 Avenue 脚本。

小结：通过对用户界面中的菜单、按钮、工具条以及与每一种控制项相关联的 Avenue 脚本的控制，用户就被赋予一种详细设置 GUI 以满足自己的特殊应用项目需求的能力。

这种能力可以使用户以其自置的用户界面来取代系统所提供的一成不变的应用程序外表。

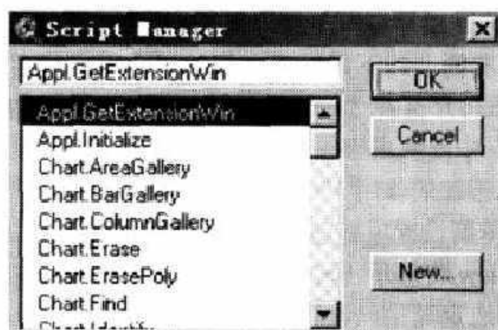


图 7-4　脚本管理器视图

2. ArcView 项目的自定义窗口

我们知道，ArcView 的项目窗口由左、右两个窗格组成。左窗格显示了当前项目的所有组件类型，如：View、Table、Chart 等，右窗格则显示了左窗格被选中的某一组件所包含的所有文档列表。

与 Windows 操作平台的许多应用程序窗口相似，可以通过鼠标拖拉的方法调节整个窗口的大小，但与其他“双窗格”式视窗不同的是，不能用同样拖拉的方法改变 ArcView 项目窗口中左窗格的宽度，也就是说，不论项目窗口的整体怎样改变，显示项目组件的左窗格的宽度总是不变。

1）改变 ArcView 项目窗口组件布局（包括调整左窗格的宽度）的方法

（1）双击当前视图工具条或按钮条的任意空白处，或者从“项目”菜单中选择“自定义”(Customize)，弹出一个“自定义对话框”。

（2）在对话框上部区内单击“编辑”(Edit)按钮，弹出“自定义项目类型”(Customize Types）对话框，见图 7-5（上层为“窗口自定义对话框”，下层为以“Untitled”为名称的项目窗口）。

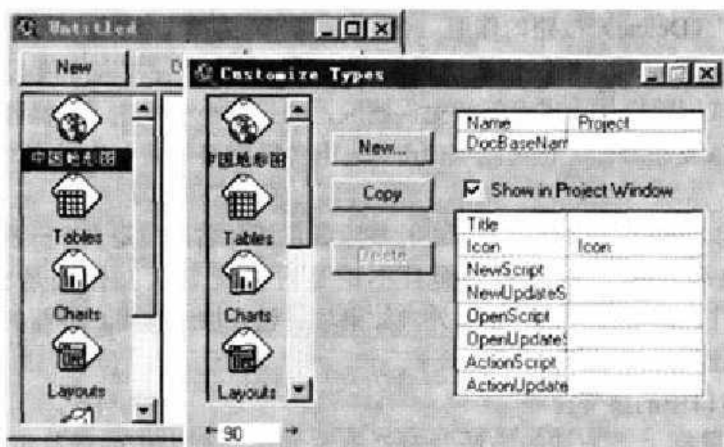


图 7-5　项目视图自定义示例

在自定义对话框内，分别可以完成组件的“新建”、“复制”、“删除”、改变组件的相关属性（如：重命名组件标题、改换组件图标、改换“脚本关联函数”等)、改变项目组件的排列次序以及改变项目窗口左窗格宽度等编辑工作。

如果选中了对话框右侧上、下属性表之间的“立即在项目窗口中展示”（Show in Project Window）复选框，那么在“自定义对话框”内所做的任何改变都会立即在当前“ArcView 的项目窗口”中反映出来。

2）“新建”（New）按钮的作用

“新建”允许用户重新设置项目窗口左窗格内的组件。

单击“新建”，ArcView 将显示出标准默认类型的列表：Project，View，Table，Chart，Layout，Script，Appl；选定其中一种默认类型并单击“OK”，或者双击想添加的默认类型名称，ArcView 将自动生成一个新类型，并把该组件的图标及其默认名称添加到对话框左侧的组件滚动栏的最上面，自动进入活动状态。

对于 Appl、Project 两种组件来说，如果新建以前就已经存在同种组件，则新生成的组件的名称后面自动加上 1、2、3 等数字后缀，以示区别。

新生组件的属性值被置为“空”，可以进行“删除”操作。如果想要该组件在项目窗口中显示出来，则需要选定“Show in Project Window”复选框。

在项目对话框内，新生组件将显示于原有同类组件之前，如果没有同种组件，则显示于组件展示区最上端。

3）“复制”（Copy）按钮的作用

其功能是在对话框及当前项目窗口中生成组件的复制品，与“新建”过程不同，“复制”的结果将会在对话框中产生一个与原组件属性完全一致的新组件。

单击对话框左侧项目组件列表中恰当的组件图标选定想要复制的对象，使其高亮度显示。单击“复制”按钮，一个与原组件属性相同的、图标一致而名称相仿(对于 Project，Appl 类组件来说，复制品的名称是在原组件名称后顺次加上 1、2、3 等数字后缀）的新组件将出现于组件列表最上面，且自动进入活动状态。

注意：组件“复制品”可以进行“删除”操作，而原项目组件如果内含实质性内容的话，则不允许进行“删除”操作。

4）“删除”（Delete）按钮的作用

单击图标，选定对话框左侧滚动列表中的项目组件，使其高亮度显示；单击“删除”按钮，完成删除操作。尽可能避免误删除，如果不小心发生了误操作，可以用“新建”按钮配合恢复原组件。也可用（Ctrl+Z）组合键撤消最后一次操作，使原组件得以恢复。

注意：可以对“常规项目类型”进行删除或重新命名，但是当下一次装载 ArcView 时，它们将出现在项目窗口中，而且不论是对系统默认文件还是自己目录下的 Default.apr 文件，结果都会一样。另外，如果项目包含被选择用户界面的任何文档，那么“删除”按钮将成为灰色。

5）项目窗口中的组件排序

可以使用鼠标上下拖放的方法对对话框左侧滚动列表中的项目组件进行重新排序，也可以通过重排 Avenue 编程语言中的“项目的 Visible GUIs 列表”来达到同一目

的。

6）改变属性表中的属性值

当前活动组件的属性是以两列表格的形式出现在对话框右侧。通过双击属性表行，可以改变属性设置。

对于那些包含项目名称或是系统部件的属性项，双击将会弹出一个相应的管理窗口，如图标管理器、脚本管理器等等，还可以从管理器的有效选项中有针对性地进行选择。

对于那些包含有名称或者标题等字符串信息的属性表行来说，双击将弹出一个允许输入字符串信息的窗口。

如果要清除某一属性项，方法是先单击选定它，然后使用<Delete>或<Backspace>键完成操作。注意：所有的图标(Icon)属性值都不允许“清除”。

最后还须注意两点：一是右上方的属性表最好不要修改；二是为项目组件选择的新图标最好要具有象征意义。选择图标的方法是：双击右下侧属性表的 Icon 表行。

3．GUI 控制类型（Categary）的自定义操作

如图 7-6 所示，图形用户界面的基本控制类型有 4 种，分别是：菜单、按钮、工具、弹出式菜单。以下分别对该 4 种类型的自定义操作方法作以论述。

1）自定义菜单（Customizing Menus）

（1）给菜单栏添加新菜单。操作方法：在自定义对话框上部的 Category 下拉列表中选择“Menus”，于是，与选定“组件”相对应的所有“主菜单及其菜单项”将显示于对话框中部的“控制编辑器面板”之中（图 7-6）。单击面板下侧的“New Menu”按钮，ArcView 将在面板之中当前选定菜单的右侧新增一个名为“Menu”的空白主菜单。注意：如果添加前选定的不是一个主菜单而是一个菜单项，那么新建的主菜单将会出现于整个主菜单序列的最右端。



图 7-6　自定义菜单示例

“Menu”是新增主菜单的系统默认名称，用户可以通过改变菜单的“Label 属性”来变更新菜单名。方法是：双击对话框下部属性表内的“Label”项调出字符串输入替代框，用新的菜单名称字符串取代系统默认的“Menu”，即可完成新菜单的换名工作。但要注意：如果在输入新的菜单名称时还想同时为新菜单设置一个“快捷访问键”，其方法是在名称字符串中想要设置为快捷键的字母之前加上一个“&”符号（参见图 7-6 中部菜单显示区的各个菜单项）。这样，ArcView 就会在新界面生成时自动为该快捷访问字母增加一个下划线标识。快捷键生成后，用户可以通过弹击〈Alt+字母〉组合键来快速访问特定菜单。

（2）给指定菜单添加菜单项（Menu Item）。操作方法：选定一个主菜单或一个菜单项，单击“新菜单项”（New Item）按钮，ArcView 将会在当前选定菜单或菜单项的下侧增加一个名为“Item”的新菜单项。注意：每点击一次按钮，就会自上而下地新增一个“Item”。

与新建“Menu”相类似，“Item”是系统给定新建菜单项的默认名称。要改变其名称或为其设置快捷访问键，操作方法与上述“Menu”相似。

（3）在两个菜单项之间插入“分隔线”（Separator）。为了将下拉菜单项按功能进行分组，使菜单项分区一目了然，往往需要在菜单项之间插入“分隔线”。方法是：选定其下侧为另一分组的特定菜单项，单击“Separator”按钮，则面板之中当前选择项的下侧将出现一个空行，这样当自定义结果反映到 ArcView 项目界面中的相应下拉菜单项时，空行则显示为一个立体“分隔线”。如图 7-7 的“File”下拉菜单所示。

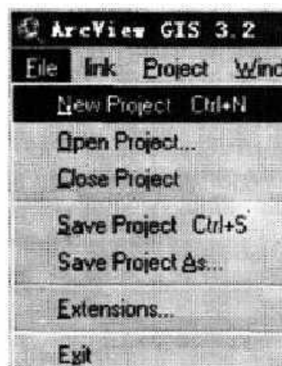


图 7-7 文件下拉菜单中的“分隔线”

（4）改变主菜单或菜单项排列次序。要改变主菜单的排列次序，方法是：鼠标拖动主菜单向左或向右移动，直到理想位置后松开鼠标左键。要改变菜单项上下排列关系，则需用鼠标上下拖动，不过在此应特别注意菜单项位置的变化所引起的菜单下拉列表分组的改变（分隔线位置的变化）。

（5）删除多余的菜单或菜单项。方法是：选定操作对象，点击〈Delete〉键。注意：对“主菜单”的删除操作将会引起其下所属的菜单项全部消失。

2）自定义按钮（Customizing Buttons）

（1）添加新按钮。首先，在“Category”下拉列表中选定“按钮”（Buttons），自定义对话框中部的“控制编辑器面板”中将随即展示出与项目组件相适用的所有系统默

认按钮类型。选定想要在其后添加新项目的对象按钮，单击面板下侧的“新建”（New）按钮，ArcView 自动在当前选定按钮右侧生成一个空白的新按钮，如图 7-8 上幅（左起第二个为新建按钮）所示。

由上图的下部属性表“Icon”行可见，新建按钮的图标行（Icon）为“空白”（Empty）。如果想为其指定一个图标，则须鼠标双击该行，弹出一个“图标管理器”（图 7-8 下幅），之后单击选定管理器图标浏览区中符合需求的理想图标，然后点击“OK”按钮，完成图标设置。



图 7-8　自定义按钮及添加新按钮视图

至于新建按钮应该具备什么样的属性，只有在进一步熟悉了 ArcView 的控制项属性配置知识之后方可正确设定。

（2）在按钮之间插入“空格”（Separator）。单击“Separator”按钮，可以在当前按钮条内选定的按钮右侧插入一个相当于半个按钮宽度的“空格”。利用 Separator，用户可以将当前按钮条中的所有按钮按照功能进行分组。

（3）删除一个按钮或“空格”。先选定要删除的对象，然后单击键盘中的〈Delete〉键即可。当前对象被删除后，其原来位置右侧的所有按钮及空格将依次向左移动相应距离。

（4）移动按钮或空格。操作方法与移动“菜单”或“菜单项”的方法基本一致。

3）自定义工具条（Customizing Tools）

ArcView 工具条内的所有工具实际上是属于“工具菜单”，也就是说，它是为了操作方便而将当前菜单栏中的某些常用菜单项设置成可以使用鼠标直接点击的“按钮”。

（1）给工具条添加新的工具菜单项。方法是：在自定义对话框内选定“组件类型”及“控制类型”（这里为 Tools）；在已经存在的工具列表中选定想要在其后增加新项的“当前工具项”，单击下侧的“工具菜单”（ToolMenu）按钮。ArcView 立即在当前选项的右侧新增一个空白的“工具菜单按钮”（图 7-9 所示，左起第二钮为新建“工具”，其下侧两个空白按钮为连续点击“Tool”两次而生成的“新建”下拉工具）。

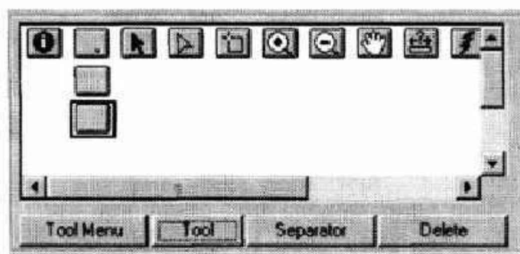


图 7-9 给工具条添加新工具项

另外，给“空白新建工具”指定图标的方法与上述为“新建按钮”指定图标的方法相同，这里不再重复。

（2）给整个工具条或工具菜单添加一个新“工具”。方法与“给工具条添加新的工具菜单项”相似，只是操作时要以“Tool”按钮取代“ToolMenu”按钮。

注意：只有新建的 ToolMenu 可以使用“Tool”创建下拉工具条，系统原有的工具菜单如果没有被指定下拉工具条，那么用户也不可能为其自定义下拉工具条。原有的或者是新建的包含下拉工具条的“工具菜单”，在其右下角都有一种很小的“黑色倒三角形”标记。

（3）删除或移动一个工具或工具菜单项。方法与自定义按钮的相关方法一致。

4）自定义弹出式菜单（Customizing Popups）

ArcView 的项目组件可以有弹出式菜单，也可以没有。除了需要在当前活动文档区域用鼠标右键单击调用之外，弹出式菜单的大部分项目与视图菜单栏中的对应项的功能是完全一致的，弹出式菜单的主要特点是操作非常方便快捷。虽然每一种用户界面可能含有零到多个 Popups，但在同一时间内仅允许一个弹出式菜单是活动的。缺省情况下，在弹出式菜单设置区，通常第一个，也就是最左边的一个是当前活动的 Popup。可以在“显示区”用鼠标左右拖动的方法来简单地设置当前活动项，也可以用 Avenue 脚本来完成同样的工作（参见本节稍后部分）。

（1）向 PopupSet 编辑区添加新的弹出式菜单。首先在自定义对话框内指定组件类型（Type）与控制项类型（Category // Popup），ArcView 自动将现存的与之相关的弹出式菜单显示于“控制编辑器面板”中（图 7-10）。单击下侧的“New Popup”按钮，ArcView 则将一个名为“Popup”的新的弹出式菜单添加于当前选项的右侧（参见图中的面板显示区的两个同名菜单）。

新的弹出式菜单生成后，如果想要更换其名称，则须在对话框下部的“属性”表

格内双击其“Label”表行，在随即弹出的字符串输入框内键入新的名称，单击“OK”确定。虽然在 GUI 之中，弹出式菜单的“Label 名称”并不显示，但是可以使用它来定义弹出式菜单的内容及其作用。

（2）给指定的弹出式菜单添加新的菜单项（Menu Items）。在对话框的“控制编辑器面板”中，选定想要添加菜单项的弹出式菜单，然后单击“新增项目”（New Item）按钮，ArcView 自动在当前弹出式菜单下增加一个新的菜单项目。注意：每点击一下“按钮”，将增加一个新项目。图 7-10 弹出式菜单列表区的最右侧是在“Popup 新建菜单”之下连续增加的 4 个“Menu Items”的示例，它们的默认名称均为“Item”，其中在第 3 个与第 4 个 Item 之间还添加了一个“分隔线”（Separator）。

新建的各个“Item”，其名称都可以通过改变属性表内的“Label 属性值”来变更。如果想要在“新名称字符串”中设置一个字母为快捷键，则需要在该字母前添加一个“&”字符标识，这样，在图形用户界面生成后，就可以使用〈Alt+字母〉的组合键直接调用该菜单项。注意：每一个菜单项，其快捷键字母都应当是“惟一”的，不重复的。

（3）在“控制编辑器面板”中指定“活动”的弹出式菜单。方法是：选定想置其于活动状态的弹出式菜单项，比如图 7-10 中最右端的“Popup”新建项。用鼠标左键将其拖拉至显示区最左端，释放左键，则该“Popup”将被新指定为弹出式菜单活动项。

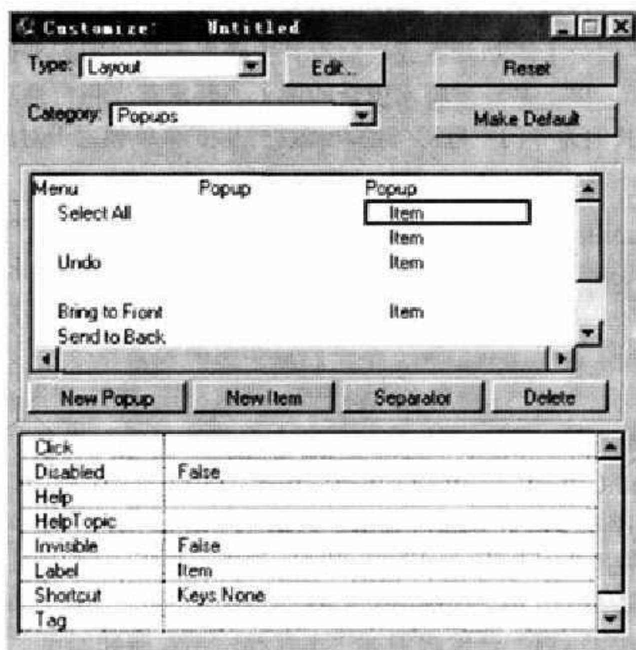


图 7-10 给指定的弹出式菜单添加新项

（4）给弹出式菜单项添加一个“分隔线”（Separator）。添加水平“分隔线”可以将较多的菜单项分成不同的逻辑群组。操作方法是：单击选定想要添加“分隔线”的上邻菜单项，点击“Separator”按钮，则在当前选项之下插入一个“空行”，当在 GUI 之中单击右键调用该弹出式菜单时，可以看到在该“空行”上下两个菜单项之间将出现一个立体“分隔线”（图 7-11）。



图 7-11　快捷菜单的“分隔线”

（5）删除一个弹出式菜单或其菜单项。方法是先选定要删除的对象，然后点击（Delete）键。

（6）移动弹出式菜单或其菜单项。方法与移动“工具项”或“按钮项”的方法一致。

（7）置另一个弹出式菜单为“活动菜单”(active)。如前所述，可以通过 Avenue 来完成缺省活动菜单的设置工作。举例如下：

假定视图用户界面包含 3 种弹出式菜单：一种支持普通功能，一种支持管理“城市主题”的特殊功能，另一种支持管理“省区主题”的特殊功能。在 ArcView 视图运行时，可分 3 种情况分置活动菜单：当“城市主题”处于活动状态时，置第二种弹出式菜单为“活动菜单”；当“省区主题”处于活动状态时，置第三种弹出式菜单为“活动菜单”；当其他主题处于活动状态或当前没有主题在活动时，置普通功能菜单（第一种）为“活动菜单”。以下是一个脚本更新的例子，要求首先将普通功能的弹出式菜单置为缺省设置，而其他为专门主题服务的功能性弹出式菜单被冠于对应的主题名称。

脚本示例：

```
theView=av.GetActiveDoc
if(theView.GetActiveThemes.Count=0) then
    exit
end

firstActive=theView.GetActiveThemes.Get(0)
activePopup=self.GetControls.FindByLabel(firstActive.GetName)

if(activePopup=nil) then
    self.SetActive(self.GetControls.Get(0))'use default
else
    self.SetActive(activePopup)
end
```

该更新脚本应当与 ArcView 的视图用户界面弹出式菜单设置的变更事件相关联，并位于下列相关设置语句之下：

```
av.FindGUI("View").GetPopups.SetUpdate("viewPopup.update")
```

第二节　Avenue 程序语言初步

1. Avenue 导言

Avenue 是 ArcView 内置的程序语言与开发环境。作为一种“面向对象的程序语言”，它可以完成 ArcView 所有对象（包括请求）的管理工作。可以说，ArcView 的图形用户界面及其所有的文档操作与运行都离不开 Avenue 的语言环境与 Avenue 脚本文档。

Avenue 有许多用途。如前所述，您可以使用 Avenue 语言去自定义 ArcView 的工作界面与工作方式；可以创建您所需要的 GUI，为交互的图形控制项设置内部属性，甚至可以用 Avenue 语言开发出一种基于 GUI 的完整的应用程序。

此外，您还可以将已经编写好的 Avenue 脚本与诸如打开或关闭一个项目一类的其他操作事件相链接。

2. 面向对象程序设计语言的基本原理

近年来，面向对象的系统与程序语言普遍受到欢迎。描述一种“面向对象的环境”的最好方式也许就是将其与其他更多的传统程序设计环境相比较。在如同 Fortran 或 C 的传统程序语言环境之中，不同语言的差别主要表现在“数据”与展示数据的“动作”之间。这些以编程工具建造的应用程序经常分享着一个强大的中心焦点。

这样，在那些像“速算表”或者“Dbase”管理系统的应用程序之间，一个明显的区别就表现在应用程序与被应用程序操纵的数据之间。

然而，在一个“面向对象的系统”之中，一切都被视作“对象”。数据是对象，应用程序是对象，甚至连用户界面都被看成是一个统一的系统环境之中的对象。在这样的程序语言之中，描述数据的对象与那些专用于数据建模的工具对象之间的区别只不过是被指定的内部属性不同罢了。

在这种系统中，各个对象之间的关系由一个正式建立的等级分类所圈定。一个类就是一个由一些具有相似的普通属性的对象所构成的模板，一个孤立的对象就是一个类的特例。比如：一个项目可能包含许多“视图”，而其中的每一个视图就是一个“视图类”的特例。

因为“类”是对象，所以它们可以依次与更高级的或者是更多的同级类发生联系。这样，视图类就应是比其自身更普遍的文档类的成员，而文档类的主要成员除过“视图类”之外，还可能包括“表格类”、“图表类”、“图面配置类”以及“脚本编辑器”等，所有文档类的成员都继承着“文档总类”的通用属性。而组成类的单独成员则继承着将它们统一在一起的附加属性。

“对象”通过相互传递“请求”而相关。“请求”是一种机制，它可以控制一个对象。如打开视图的请求、返回一个对象的相关信息的请求、获得当前活动视图的请求等等。以“获得当前活动视图”的请求为例来说明：该请求将作为一个对象被发送到 Avenue 中，结果返回了另一个对象，该对象就是包含了视图名称的字符串。

一个 Avenue 语句是由“对象”以及发送给对象的“请求”构成。返回的对象既可以被储存到一个变量之中，也可以作为另一种“请求”再次传递出去。当然，“请求”

也可以接受“条件”，只有当条件符合时才会返回一个对象。比如：一种只是为了“寻找一个具有指定名称的主题”的请求，就必然要接受一个“条件”。

3. Avenue 脚本

一个 Avenue 脚本，实质上就是一种由一系列 Avenue 语句组成的，能够完成特定任务的计算机程序。下面讨论两个 Avenue 脚本的例子：

例一：与“放大”（Zoom In）菜单项相关联的 Avenue 脚本

程序背景：从视图菜单栏内的“视图”菜单中选取“放大”（Zoom In）项，其对应的 Avenue 脚本控制语句如下：

```
theView=av.GetActiveDoc
theView..GetDisplay.ZoomIn(125)
```

第一个语句是将“请求”GetActiveDoc 返回的“对象”av 指派给变量 theView。

第二个语句的意思是：将 GetDisplay.对活动文档的“请求”作为返回“对象”，顺序传递给“ZoomIn”请求（注意：活动文档可以返回当前视图能够被拖拉选中的任意屏幕区域）。放大（ZoomIn）请求会将语句给定的数值作为其操作的依据条件，上例中数值为 125。

这样，在以上两行脚本中，活动视图的范围被“对象”确定，而且由指定的 125% 的数值因子而产生最终的缩放结果。

另外，用户也可以通过单击“视图工具条”中的“放大”工具来完成相同的缩放操作。对于缩放所依据的条件，要么在视图中用“放大”工具拖拉出一个所希望的矩形放大框，要么直接用鼠标点击出一个放大中心点，两种条件与方式都可以满足视图放大的需要。如果在一个 Avenue 脚本中要同时照顾两种方式，则相应脚本语句如下：

例二：与“放大”工具相关联的 Avenue 脚本

```
theView=av.GetActiveDoc
r=theView.ReturnUserRect
d=theView.GetDisplay
if(r< >nil) then
d.ZoomToRect(r)
   else
   d.ZoomIn(125)
   d.panTo(d.ReturnUserPoint)
end
```

与上一个脚本一样，本脚本第一句的功能也是返回当前活动文档的名称，并将其指派给变量 theView；第二句的功能是：将用户在视图中拖拉出的矩形框作为输入值，一个 ReturnUserRect 请求被建立于活动视图之上，并将该矩形的范围值指派给变量 r；第三句使用 GetDisplay 请求获取活动视图的显示范围，然而该句与上一个脚本第二句

只是传递一个放大请求不同的是，它将显示区范围值直接指派给变量 d。

从第 4 句开始到第 8 句，本脚本使用了“条件语句”。首先考察指派给变量 r 的值，如果其值不等于 0（例如当用户在视图中拖拉出一个合法的矩形框时），那么，该矩形的范围值将作为 ZoomtoRect 请求的依据条件，也就是变量 d。

如果用户没有在当前视图中拖拉出一个合法的矩形框（比如它只是在视图显示区内单击了一下鼠标左键），那么 r 的值将等于 0，这样将直接导致 else 及其以下语句被执行。在此情况下，ZoomIn 请求再次依据“125”的条件去运行，使当前显示区范围（d 变量）围绕中心点按 125%的比例而放大。结果，显示区范围也自然被定位于视图中心或者将用户原来单击的那一点推移至放大后的视图中央。第 8 句实质上就是将从 ReturnUserPoint 对当前显示区（d 变量）的请求中返回的点位作为“PanTo”请求的作用点。

这样，在这 4 个条件语句中，当前活动文档被确定，而且缩放显示通过两种方式之一来完成，即要么依据用户在视图中指定的矩形区域，要么依据在视图显示区指定的一个点位来缩放。

4. Avenue 的语法

本节不想对 Avenue 的语法做过多的描述，只是为了使读者顺利读懂 Avenue 脚本而提供一个快捷的语法指导。

1）“对象”与“请求”混合语句的书写方法

如前所述，在 Avenue 程序语言中一般都包含着较多的用于发送“对象”的“请求”。给对象发送“请求”的最普通格式就是在描述“对象”的字串之后紧跟一个“请求”字串，而两者之间用“句号”或“圆点号”分隔。比如：在 theView.GetDisplay 语句片断中，theView 就是一个“对象”，而 GetDisplay 则是给该对象发出的操作“请求”。

在同一个 Avenue 语句中，允许同时使用多个“请求”，但“请求”与“请求”之间也必须以“圆点号”相分隔。如上例之中就有这么一个语句：

```
theView..GetDisplay.ZoomIn(125)
```

2）变量赋值语句的写法

在 Avenue 语句中，指派给一个变量的“对象”必须使用“等号”。比如：theView=GetActiveDoc 就是一个赋值语句，它表示要将 GetActiveDoc 请求返回的对象直接指派给变量 theView。

注意：如果一个字符串被指派给一个变量，则该字符串必须用双引号括起来。如：赋值语句 theProv=“陕西省”、theCont=“China”。

3）语句中大、小写的约定

虽然 Avenue 脚本的执行不区分大小写，但为了便于检查或者使自己或别人能顺利读懂语句，在脚本的实际写作中仍需要遵守一定的习惯，即“变量名”以小写字母开头，而“对象”与“请求”则以大写字母开头。

4）圆括号的使用

在 Avenue 脚本中，所有给“请求”提供数值依据的“条件”——条件语句中的“条

件”必须用“圆括号”括起来。上例中的 if(r 〈 〉 nil) then 语句就是如此。

5）“注释”信息的书写

语法规定：脚本之中的所有“注释”信息，不论是单独成行的，还是跟随在 Avenue 语句之后，都必须以“单引号”或“单撇号”打头。如下 3 例：

’ This entire Line is a comment. (英文字串——独立成行)

theView=GetActiveDoc ‘Get theactive view document. (英文字串——加在语句之后)

’ 上一行语句意欲“将获得的视图文档指派给变量 theView”。 (汉字字串——独立成行)

5. Avenue 脚本的创建与调试

1）生成 Avenue 脚本的步骤

生成 Avenue 脚本共分 5 步，即：

（1）调用“脚本编辑器”，输入 Avenue 语句。

（2）汇编（Compile）脚本。

（3）调试（Debug）脚本。

（4）运行（Run）脚本。

（5）将脚本与任意的控制项（Control）链接。

2）创建脚本的方法

双击 ArcView 项目窗口左窗格中的“脚本”（Script）图标，或者先单击该图标，然后再点击窗口顶部的“新建”（New）按钮。

两种操作方法都将弹出一个“脚本编辑器窗口”（Script Window），如图 7-12 内框。

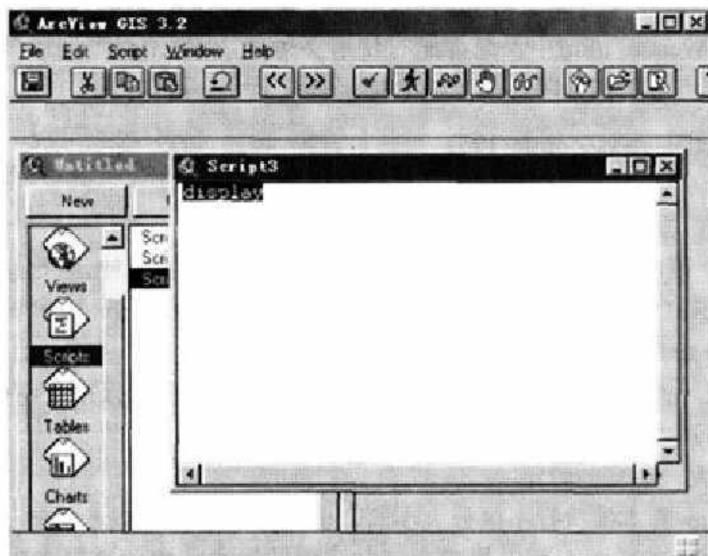


图 7-12 新建脚本的方法及“编辑器”

注意：ArcView 的脚本组件与其他任何组件一样，都有可能包含多个（脚本）文档，

一次只能选定一个活动文档，并对它进行各种操作。

当一个脚本编辑器窗口成为当前活动文档时，ArcView 的图形用户界面就会转换成适应该脚本各种操作的相应界面（参见图 7-12 大窗口上部 GUI）。该界面也会因对脚本操作目的的不同而不同。

由图 7-13 可见，“编辑”菜单设置了与脚本编辑有关的实用控制项。而“脚本”菜单则视脚本创建步骤的不同，其可用选项也有所不同。图 7-13 的中幅为脚本输入与编改阶段的菜单视图，右幅则是当中幅菜单的“汇编”（Compile）被选定，脚本创建进入汇编（编译）阶段时的菜单视图，注意图中可用菜单控制项的增加情况。

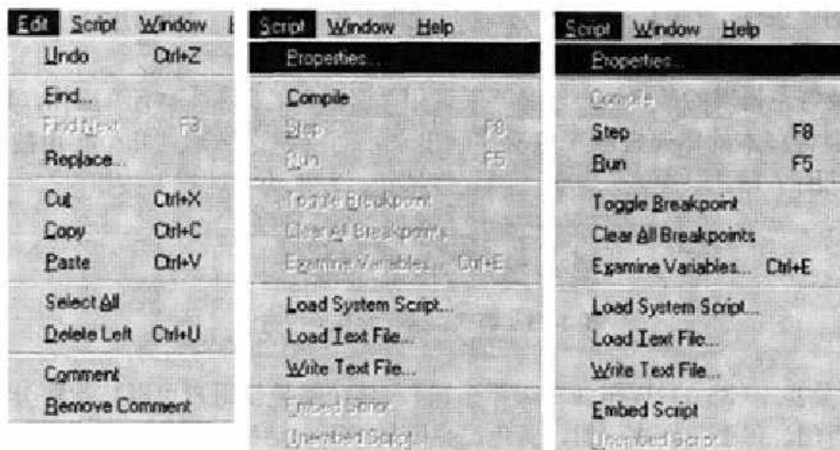


图 7-13 “脚本”编辑与控制的相关菜单

此外，Avenue 脚本既可以直接在“脚本编辑器”内通过输入而生成，也可以从一个文本文件或已经存在于 ArcView 之中的“系统脚本”中导入，导入工具分别为“脚本菜单”中的“Load System Script”以及“Load Text File”。

一般来说，为了进一步熟悉 Avenue 脚本的内部组织及语法约定，用户可以随时通过“Load System Script”菜单调出系统已有的脚本进行分析研究。图 7-14 是一个“View.HotLink”脚本实例。

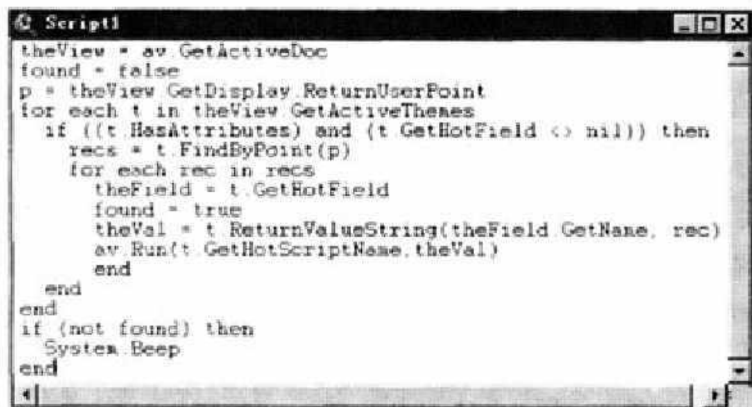


图 7-14 调出一个已存在脚本的实例

3）对成熟脚本进行“汇编”（Compile）

当一个 Avenue 脚本编辑完成后，使用按钮条中的“汇编”（Compile）按钮，或者调用“脚本”主菜单下的“汇编”（Compile）菜单项，均可以将当前脚本转换成一种可执行格式。

注意：脚本只有在执行了“汇编”（编译）之后，才能进一步执行“运行”、“链接”等操作，否则，后续的任何操作选项或按钮都是“不可选”（灰色）的。

4）脚本“调试”（Debug）及“运行”（Run）

在大多数情况下，用户新编的脚本在“运行”时，难免会有些错误出现。比如：缺少执行的“条件”、变量书写有误、在系统内置的文档类中找不到用户键入的某些对象（如“请求”）等等。

检查及修正错误的最好的办法是不断调用“调试”工具和“运行”操作。其中，“运行”操作会将脚本的错误按顺序依次显示出来。而“调试”则有几个实用按钮工具可以借用，见图 7-15。其中，左一为“编译”按钮；左二为“运行”按钮。

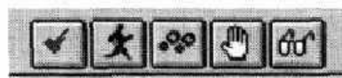


图 7-15　调试、运行的有关按钮

（1）“分步”（Step）按钮（左起第三钮）。其功能是使用户可以按次序分步浏览和检查脚本语句。每单击一次该钮，黄色高亮度显示区向后跳动一个“对象”。

（2）“套索定位断点”（Toggle BreakPoint）按钮（右起第二钮）。其功能是在当前脚本中设置运行“断点”，即控制“运行查错”至断点处结束。

（3）“检查变量”（Examine Variables）按钮（右起第一钮）。功能是调出脚本中所有变量的列表窗（图 7-16），在窗口中逐一检查变量名称及其书写语法，窗口提供了一种迅速排列脚本变量并即时修正其错误的方式，修改无误后单击“OK”确定。

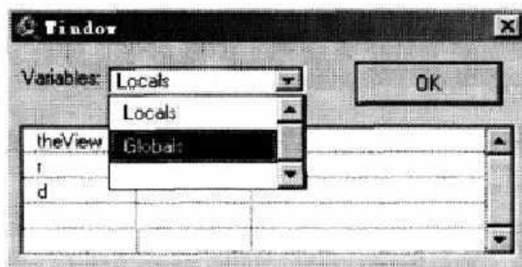


图 7-16　脚本中的“变量”列表

注意：只有当一个脚本能够在脚本窗口中顺利运行——语法检查没有报错时，该脚本才可以与任意一个已经存在的或者用户新建的 ArcView 控制项相关联，使其真正成为系统的一部分。

6. 脚本与 ArcView 对象的“链接”（Link）

1）建立脚本与“项目”事件的“链接”

在 ArcView 的项目窗口中，单击选中“项目”菜单下的“属性”项，打开“项目属性对话框”（图 7-17）。在该对话框中，可以将创建的或系统原有的脚本与项目的“开始”（StartUp）及“关闭”（ShutDown）事件相链接。也就是说，当项目被启动时，在执行默认文件之前，ArcView 首先打开“开始脚本”。或者，当项目被“关闭”时，ArcView 自动执行指定的“关闭脚本”。

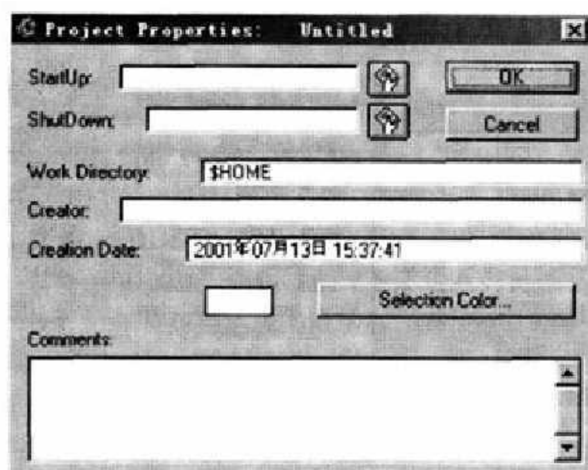


图 7-17　项目属性框

建立“链接”的方法是：在图 7-17 的“StartUp”和“ShutDown”文本框内输入想要链接的脚本名称，或者单击文本框右侧的“脚本打开”按钮，弹出“脚本管理器列表”，在列表中找到并双击想要设置的脚本即可。

注意：在这里，人工输入的脚本名称必须完整有效，同时该脚本还必须事先被纳入到当前项目目录的脚本管理器列表中。另外，项目及脚本的存贮目录也可以在图 7-17 所示“项目属性对话框”的“工作目录”（Work Directory）文本框中重新设置。

2）建立脚本与控制项的“链接”

在本章前面所述的“自定义 ArcView”部分中，已经了解了怎样用“自定义窗口”设置自己的图形用户界面。实际上，除了可以创建或添加 GUI 的三大元素——菜单、按钮和工具的内部“控制项”之外，还可以编改它们各自的属性列表（位于自定义对话框底部），并将合适的“脚本”指派给它们。使用这种方法，可以设定当前所选的“控制项”与特定“脚本”之间的链接关系。

图 7-18 是一个在“自定义”对话框中建立“控制项”与“脚本”之间的链接关系的图形示例。图中，组件类型（Type）选择的是“视图”（View）；GUI 界面元素（Category）选择的是“菜单”（Menu）；而在“菜单列表区”选择的是菜单控制项“关闭所有”（Close &All）。这样，在对话框的底部属性列表中就展示出与“关闭所有”控制项相关的所有普通属性。

注意：在该属性列表的第一行原本显示了与“单击”（Click）操作相关联的链接脚本“Project”中的“CloseAll”。如果想要重置脚本，操作方法为双击该行，弹出一个“脚本管理器”（图 7-18 中偏右侧）。该管理器罗列了系统内置的所有已经存在的脚本，如

果想链接的脚本并不在该列表之内（比如目标脚本是一个由“脚本编辑器”创建的新脚本），则可单击右下侧的“新脚本”（New）按钮。这样就会弹出一个“脚本名称选择”对话框，在新对话框文本区输入目标脚本名，单击“OK”即可完成“目标脚本”与“控制项”（本例为：Click）的链接工作。

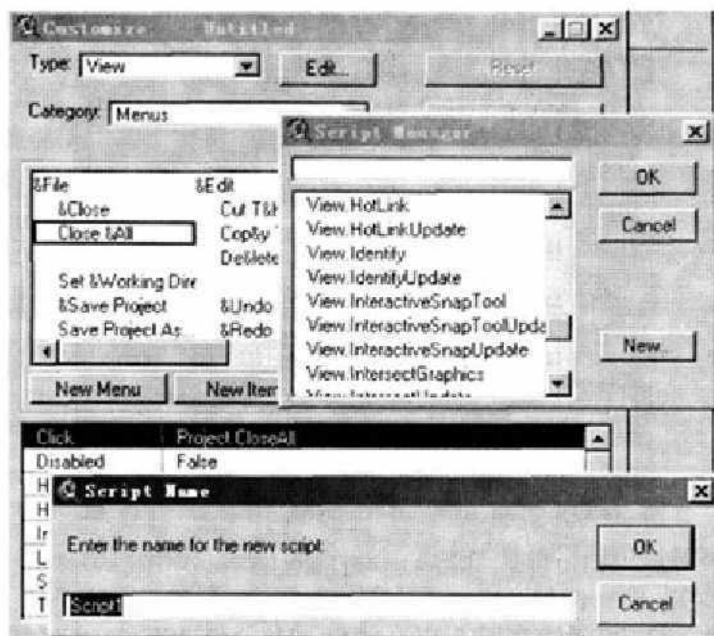


图 7-18 建立脚本与控制项的“链接”示例

7. 完善应用项目

一旦一个应用项目已经完成，那么最后一步就是使它固化。这个过程的第一步可以是创建“开始”和“关闭”脚本。其余步骤包括：嵌入脚本、脚本加密及项目锁定。

“嵌入脚本”包括将脚本贮存于“脚本编辑器”中，以及进一步将其贮存于项目内部的“脚本列表单”中。通过脚本的嵌入大大减少了与项目相关联的外部文档的数量，因此既减轻了ArcView系统的负担，也使得项目的内容更丰富、更齐全。

然而，由于嵌入到ArcView系统内的脚本能够显示于“脚本管理器”窗口的脚本列表中，因此任何一个ArcView用户都可以通过运行Avenue而将该脚本加载到“脚本编辑器”中。为了避免个人私有的脚本被其他公共用户所修改，可以启用Avenue脚本的“加密”保护功能。“加密”实际上是将一个脚本（文本型）转换成只能由机器识别的“内码”格式。因为“加密”过程是不可逆的，所以用户应当事先对非加密脚本创建一个备份，以备将来编改原始脚本之需要。

最后，一个完整的项目可以通过对项目文件的加密而锁定（固化）。固化的项目也就自然丧失了访问其自定义对话框，以及更进一步通过编写附加脚本而修改其界面的能力。与加密脚本一样，加密项目文件的过程也是不可逆的，所以如果有必要，在加密之前应对项目文件做备份。

第三节　ArcView 与其他应用程序的集成

在许多情况下，ArcView 只是一个大的解决方案的片断。实际上，通过与其他应用程序，如 Excel、Access、Lotus 等的集成整合，可以创造出比 ArcView 本身功能强大得多的软件集成环境。ArcView 除过可以与其他应用程序集成外，也可以将用户运用 VB 语言、C 语言或者 C++语言编写的程序作为一种“脚本”添加到 ArcView 环境中去，以便完成 ArcView 原本无法完成的特殊任务。

ArcView 提供了好几种与其他应用程序相集成的方法。在所有操作系统平台上，都可以使用“遥控”程序（Remote Procedure Call——简称 RPC）创建 ArcView 与其他应用程序之间相交互的所谓“客户机/服务器”型的关系。在视窗（Windows）系统之中，可以使用“动态数据交换”（DDE），或者使用 Avenue 的“动态链接库”（DLL）功能调用来自于 Avenue 以外的外部函数去具体创建上述关系。至于具体采用哪种方法，则要视需要执行的具体任务，以及想要集成的应用程序系统层面的具体情况而定。

1．用系统命令集成应用程序

1）使用“System.Execute（命令字符串）”格式链接应用程序

就如同在字符型操作系统（如 Unix、Dos）提示符下直接键入“系统命令字符串”去执行某一具体的操作任务一样，可以在 ArcView 系统中的 Avenue 脚本中按以上格式直接输入字符串，并通过与某个 GUI 控制项（如菜单、按钮、工具等）的链接，实现与其他应用程序链接或集成的目的。我们以在当前 ArcView 用户界面中添加一个“控制项”，使 ArcView 与另一应用程序 Excel 相链接的操作为例来说明。

第一步：在“项目”窗口的“脚本”组件内创建一个新脚本——Script2，并输入如下字符串：

```
system.Execute("c:\program Files\microsoft office\office\excel.exe   c:\book1.xls");
```

第二步：打开“自定义对话框”，新建或者选定指定组件类型下的某一“控制项”，如菜单项、按钮项、工具项；

第三步：在对话框下部的“属性列表”中，为新建的控制项或选定的想修改的控制项指派脚本。比如：双击其中的“Click”属性行，在弹出的“脚本管理器”中单击“新建（New）”按钮，最后在新弹出的新脚本名称输入框内键入目标脚本名（本例为“Script2)，单击“OK”确定。

这样，当在 ArcView 的新生界面中去操作（本例为“单击——Click”）相关控制项时，就会立即启动 Excel 程序界面并自动加载“Book1.xls”工作簿文档。

2）使用“System.ExecuteSynchronous（命令字符串）”格式去同步执行其他应用程序

如果想在视窗操作平台上使字符串命令以“同步”方式去运行的话，就需要使用本格式。

与上一种格式一样，System.Execute 和 System.ExecuteSynchronous 都不提供真实的应用交互环境，其字符串命令作为“请求”只是简单地将想要执行的字符串发送给视窗操作系统。通过脚本“热链接”，两者都可被有效地应用于启动其他应用程序。

2. 创建应用程序的内部联系（Inter-Application Communication）

Inter-Application Communication，缩写为 IAC，一般是指使两个以上的应用程序产生内部联系的能力。IAC 能否实现，关键是取决于系统平台所具有的特殊协议。如果说想要创建的 IAC 的各应用程序所产生的各种“请求”都能够被“协议”所“领会”，或者说各种信息都能够来回传送的话，那么这些原本相互独立的应用程序集合就可以通过集成交互顺利地形成一个综合性的应用系统环境。

如前所述，“遥控程序”（RPC）就是一个在 Unix 系统中最普通的 IAC 协议。通过“RPC”，可以将运行于视窗操作平台的 ArcView 与运行于 Unix 操作平台的 ARC/INFO 连结起来。

“动态数据交换”（DDE）是视窗操作系统支持的最广泛的 IAC 协议，而 ArcView 仅在视窗平台上支持 DDE。例如，通过 DDE，可以在 ArcView 与 Excel 之间分享数据。

IAC 奠定了应用程序之间“客户机/服务器”型的关系。一般说来，创立与发送“请求”或对话的应用程序被称为“客户机”，而执行“请求”的应用程序为“服务器”。ArcView 既可以是其他许多服务器型应用程序的“客户机”，也可以作为许多不同客户机型应用程序的“服务器”。而在许多情况下，它既是“客户机”，同时又是“服务器”。

3. 动态链接库（Dynamic-Link Libraries——DLL）

动态链接库，简称 DLL。它是一种可以被同一操作平台中的多种应用程序共同使用的，可执行多种任务的，包含众多实用函数的综合的“指令模块”。

与只是在编译时才生成的“静态库”（Static Libraries）完全不同，应用程序与 DLL 之间实现的是“实时”动态链接。

DLL 可以从软件供应商处单独购买，或者作为某个应用程序的一部分而被统一封装。高级用户可以使用 C 语言或其他程序语言编译器创建自己特殊用途的 DLL。DLL 中函数的创建可以直接从 Avenue 中调用，这些函数也可以轮流调用那些能够执行多种不同任务的其他函数。信息可以用参数来前后传递，或者作为一个被调用函数的结果被返还。

DLL 用于扩充 Avenue 的基本功能，或者用于建立 ArcView 与其他应用程序的集成整合。与 IAC 相比，由于通过 DLL 所产生的应用程序的集成要求比较低、易于操作，因此在许多情况下比较受欢迎。

欲详尽了解 IAC 与 DLL 的内容，请读者参阅有关书籍。

第八章　空间分析导论

第一节　空 间 数 据

1. 空间数据的基本概念及内容

地理信息系统之所以能够飞速发展和广泛应用，主要原因就是其具有管理空间数据，并利用空间数据进行空间分析，为各行各业服务的能力。空间数据（也称地理数据）是地理信息系统的一个主要组成部分。

空间数据是指以地球表面空间位置为参照的自然、社会和人文经济景观数据，可以是图形、图像、文字、表格和数字等。它是 GIS 所表达的现实世界经过模型抽象后的内容，一般通过扫描仪、键盘、磁带机或其他通讯系统输入 GIS。

在 GIS 中，空间数据主要包括：

1）空间实体的位置

空间坐标即在某一个已知坐标系中的几何坐标，它可以标识地理现象在自然界或某个地图区域的空间位置，如经纬度、平面直角坐标、极坐标等。

要对空间实体的位置进行描述，就必须对其进行抽象表示。一般来说，在二维分析空间，根据分析问题的尺度，我们把自然界中的物体抽象为点、线、面三种；在三维分析空间，则区分为点、线、面、体四种。

2）空间实体的关系

实体之间的关系通常包括：①度量关系，如两个实体之间距离的远近；②延伸关系(或方位关系)，定义了两个实体之间的方位；③拓扑关系，定义了两个实体之间的关联、邻接、包含关系。

3）空间实体的非几何属性

一般简称属性，是指与地理实体相关联的地理变量或地理意义。属性分为定性和定量两种：定性数据包括名称、类型、特性等，如地貌类型、土地利用类型、行政区划等；定量数据包括数量、级别等，如土地面积、道路长度、人口数量、高程等。非几何属性一般是经过抽象、概括，通过分类、量算、统计得到。地理信息系统中的分析、检索大部分都是通过对属性的操作运算实现的，因此，属性数据的分类系统、量算指标、准确性对系统功能的实现有较大的影响。

4）空间实体的时间特征

指现象或空间实体随时间的变化。空间实体的位置数据和属性数据相对于时间来说，常常呈相互独立的变化，即在不同的时间，空间位置不变，但是属性特征可能已经发生变化，或者相反。

2. 空间数据的表示

空间数据的表示，就是指将以图形模拟的空间物体表示成计算机能够接受的数字形式。计算机对上述空间数据内容的描述，主要的差别体现在对空间数据位置及其关系的表达。对非几何属性的记录，一般都用关系表的形式或指针来完成。

计算机描述空间实体(位置及关系)有两种形式：显式描述和隐式描述。显式描述就是把表示的空间栅格化，通过给定栅格中一系列像元的编码、颜色、数值或符号来表示。隐式描述是用一些坐标点或定义了起点和终点的线及某种连接关系的矢量来描述。显式描述和隐式描述，从数据结构角度，一般称为栅格数据结构和矢量数据结构。

栅格数据结构是最简单最直观的空间数据结构，又称为网格结构或像元结构，是指将地球表面划分为大小均匀紧密相邻的网格阵列，每个网格作为一个像元或像素，有行列号定义，并包含一个代码，表示该像素的属性值，或仅仅包含指向其属性记录的指针。因此，栅格结构是以规则的阵列来表示空间地物或现象分布的数据组织，栅格中的每个数据表示地物或现象的非几何属性特征。在栅格结构中，点用一个栅格单元来表示；线状地物则用沿线走向的一组相邻栅格单元表示；面或区域用记有区域属性的相邻栅格单元的集合来表示（图 8-1）。

一般每个栅格单元都会和这个栅格单元的一个或一组属性值相连（图 8-2）。

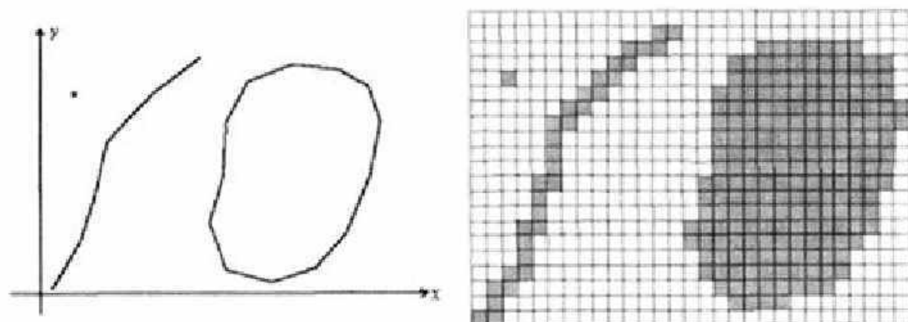


图 8-1　点、线、面数据及其栅格表示

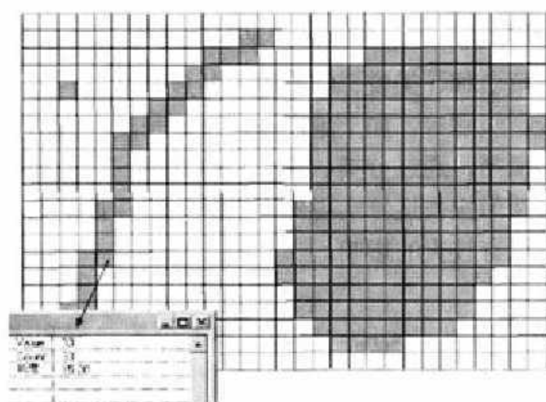


图 8-2　栅格单元的属性值

矢量数据结构，是另一种常见的图形数据结构，它通过记录坐标的方法表示点、线、面等地理实体，坐标空间为连续的，可以允许任意位置、长度、面积的精确定义。

在矢量数据结构中，每个点用一个 x，y 坐标来记录，线用一组有序的 x，y 坐标来记录，面用一组线段（这些线段可构成一个封闭的区域）的 x，y 坐标来记录。在面的表示中，多边形的第一个坐标和最后一个坐标总是相同的，在 GIS 软件中，一般通过拓扑检查来实现。

在 Arc View 中，每一个点、线或面要素都有一个 ID 号，并和其属性值相连，图 8-3 是一条公路的位置及其属性信息。

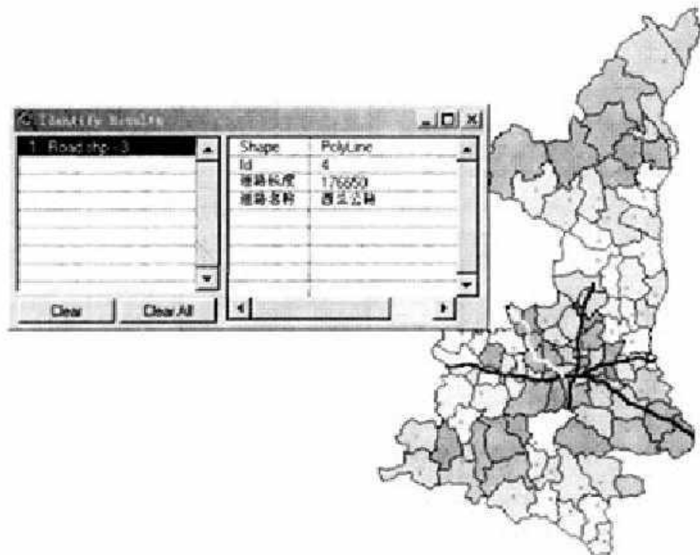


图 8-3　矢量数据属性值的查询

空间数据的这两种基本表示方法主要是对二维平面上的实体进行描述，除此之外，为了表示三维地形，对地表形态进行模拟，有一种特殊的栅格数据结构数字地形模型—DTM 和不规则三角网模型—TIN。

DTM（Digital Terrain Model）即数字地形模型，是利用一个任意坐标系中大量选择的已知 x、y、z 的坐标点对连续地面的一个简单的统计表示，或者说，DTM 就是地形表面形态属性信息的数字表达，是带有空间位置特征和地形属性特征的数字描述。地形表面形态的属性信息一般包括高程、坡度、坡向等。

当数字地形模型中地形属性为高程时称为数字高程模型（DEM，Digital Elevation Model），所以说 DEM 是 DTM 的一个子集。由于传统的地理信息系统的数据结构都是二维的，所以说数字高程模型的建立是对二维空间信息描述的一个很好的补充。

DEM 通常用地表规则网格单元来表示，这个网格可以是矩形、正方形，也可以是三角形。为了在数学上能用矩阵来表示和方便计算机实现（在计算机中，可以用一个二维数组来表示），DEM 对地表的表示都是用正方形的规则网格来实现的。每个网格的行、列数表示地表的相对位置，每个网格的数值表示这个网格的高程值（图 8-4）。

对于每个网格的数值有两种不同的解释。第一种认为该网格单元的数值是其中所

有点的高程，即网格单元对应的地面面积内高程是均一的高度，这种数字高程模型是一个不连续的函数，一般用来表示离散空间。第二种认为该网格单元的数值是网格中心点的高程或该网格单元的平均高程值，这样则需要用一种插值方法来计算每个点的高程。

在 ArcView 中，空间分析的主要内容就是基于这种规则网格数据——栅格数据（DEM 数据就是栅格数据的一种）。在 ArcView 中，每个网格的值被认为是栅格中心点的值。通过 DEM 数据，可以得到地表的坡度信息、坡向信息。

79.8	77.9	75.9	75.5	77.7	80	86.7	93.7
82	78.8	76.5	74.4	76.7	79.7	86.4	93.4
83.8	79.7	77.3	77.4	76.4	79.4	85.9	92.8
81	77.7	77.7	74.4	75.5	78.7	84.3	90.8
82.6	79.2	79.2	75.3	73.9	77.6	82.4	88.1
83.9	80.3	80.3	76.4	73	76.5	80.4	85.2
88.5	81.2	81.2	77.2	73	75.3	79.1	82.2
89.3	82.2	82.2	78.3	74	72	76.2	79.2

图 8-4　网格 DEM

数字高程模型既然是地理空间定位的数据集合，因此凡牵涉到地理空间定位，在研究过程中又依靠计算机系统支持的应用，一般都要建立数字高程模型。从这个角度看，建立数字高程模型是对地面特性进行空间描述的一种数字方法，数字高程模型的应用可遍及整个地学领域。在测绘中可用于绘制等高线、坡度图、坡向图、立体透视图、立体景观图，并应用于制作正射影像图、立体匹配片、立体地形模型及地图的修测；在各种工程中可用于体积和面积的计算、各种剖面图的绘制及线路的设计；军事上可用于导航（包括导弹及飞机的导航）、通讯、作战任务的计划等。

不规则三角网（TIN，Triangulated Irregular Network）是另外一种表示数字高程模型的方法，它是通过从不规则分布的数据点、线生成的连续三角面来逼近地形表面。网格 DEM 数据模型不能精确地表示地形的结构和细部，并且数据量很大，而利用 TIN 模型可以在某一特定分辨率下能用更少的空间和时间更精确地表示更加复杂的表面。特别是当地形包含有大量特征如断裂线、构造线时，TIN 模型能更好地顾及这些特征从而能更精确地表达地表形态。图 8-5 是根据等高线所构成的 TIN 模型，图 8-6 是构成的 TIN 在 ArcView 中的光照显示。

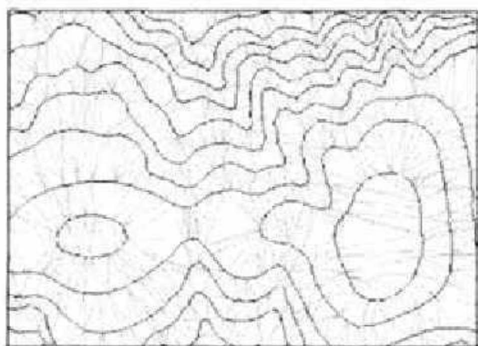


图 8-5　根据等高线构成的 TIN

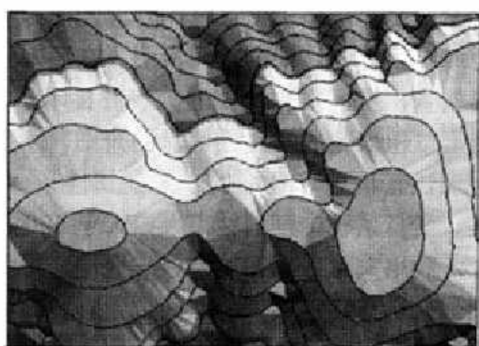


图 8-6　TIN 的光照显示

TIN 模型的基本要求有三点：① TIN 是惟一的；② 每个三角形应尽量接近等边形状；③ 保证最邻近的点构成三角形，即三角形的边长之和最小。

第二节　空 间 分 析

1．空间分析的基本内容

空间分析是基于地理对象的位置和形态的空间数据分析技术，其目的在于提取和传输空间信息。空间分析是地理信息系统的主要特征。空间分析能力（特别是对空间隐含信息的提取和传输能力）是地理信息系统区别与一般信息系统的主要方面，也是评价一个地理信息系统成功与否的一个主要指标。

传统地图学中的地图应用就是一种空间分析。在现代 GIS 领域，空间分析是指利用计算机分析、获取和传输空间信息。

对于空间分析的具体研究内容，目前还没有一个一致的定义。根据空间分析作用的数据性质的不同，把空间分析分为：①基于空间图形数据的分析运算；②基于非空间属性的数据运算；③空间和非空间数据的联合运算。

空间分析赖以进行的基础是地理空间数据库，其运用的手段包括各种几何的逻辑运算、数理统计分析、代数运算等数学手段。

2．空间分析基本方法概述

空间分析在各行各业的应用方法差别很大，要全部归纳是不现实的，在此，仅对空间分析的基本方法做一简要介绍。

1）空间查询与量算

（1）空间查询

空间查询是地理信息系统最基本功能之一。空间查询主要包括图形查询属性、属性查询图形、图形与属性混合查询。

图形查询属性是根据图形的空间位置来查询有关属性信息。如根据鼠标所指的空间位置（或通过矩形、圆、多边形等选择空间范围），系统可以查出该位置或范围的空

间实体及属性，显示出该空间对象的属性列表，并可进行相关统计分析。通常这种查询分为两步：首先，根据空间索引，在图形库中找出空间实体；然后通过图形库和属性库的连接查出空间实体的属性列表并显示。在 ArcView 中，一般是通过点击视图下的属性查询按钮来完成对属性信息的查询。

属性查询图形是根据一定的属性条件来查询满足条件的空间实体的位置，如在中国人口信息系统中查出城市人口大于 500 万的城市。这类查询的主要操作是在属性库中进行，利用关系数据库的 SQL 操作，得到查询结果，又利用属性和图形的对应关系，在图上亮显出选定实体的空间位置。在 ArcView 中，一般是通过 Table 下的 Query 命令来完成。

图形与属性的混合查询是一种更为复杂的查询，查询的条件并不仅仅是某些属性条件或某个空间范围，而常常是两者的综合，如用户想查询满足以下条件的县城：县城人口大于 5 万、距离某条铁路不超过 10km、位于选定的某个区域等。这样的查询常常是基于某些空间关系和属性特征，比较复杂，在空间查询中是比较难于完成的。在 ArcView 中，这类混合查询可以通过几个命令的综合来完成，如上述例子可以通过 Map Query 和 Neighborhood Statistic 命令的结合来完成。

（2）空间量算

空间量算是指对空间信息的自动化量算，是地理信息系统所具有的重要功能，也是进行其他空间分析的定量化基础。其中的主要量算有：

A．质心量算

质心是描述地理空间分布的一个重要指标。地理目标的质心是目标的半径位置，它是目标保持均匀分布的平衡点，它可通过对目标坐标值加权平均求得。

$$x_0 = \frac{\sum_i w_i x_i}{\sum_i w_i} \tag{8-1}$$

$$y_0 = \frac{\sum_i w_i y_i}{\sum_i w_i} \tag{8-2}$$

式中，i 为离散目标物；w_i 为该目标权重；x_i、y_i 为目标坐标值。

质心的量算，可以跟踪某些地理分布的变化，例如人口的变迁、土地类型的变化；也可以简化某些复杂目标，在某些情况下，可以方便的导出某些预测模型。

B．几何量算

几何量算对点、线、面、体四类目标物而言，其含义是不同的。

- 点状目标：坐标；
- 线状目标：长度、曲率、方向；
- 面状目标：面积、周长等；
- 体状目标：表面积、体积等。

线由点组成，而线长度（直线段）可由两点间的直线距离得到，对于复合的线状地物，可通过对各线段求和来实现。在栅格数据结构中，求线的长度，只需对地物骨架线通过的网格数目进行累加。

面积和周长的计算：在平面直角坐标系中，计算面积时，采用的是几何交叉处理方法，即沿多边形的每个顶点作垂直于 x 轴的垂线，然后计算每条边、每条边的两条垂线和被 x 轴所包围的面积，求出这些面积的代数和，即为多边形的面积。多边形的周长则是多边形每一条边长度之和。

C．形状量算

目标物的外观是多变的，很难找到一个准确的量对其进行描述。因此，对目标属紧凑型的或膨胀型的判断极其模糊。

如果认为一个标准的圆目标既非紧凑型也非膨胀型，则可定义其形状系数为：

$$r=\frac{P}{2\sqrt{\pi}\cdot\sqrt{A}} \tag{8-3}$$

其中，P 为目标物周长；A 为目标物面积。

如果 $r<1$，目标物为紧凑型；

$r=1$，目标物为一标准圆；

$r>1$，目标物为膨胀型。

D．距离量算：人们日常生活中的“距离”是指两个事物或实体之间的远近。最常用的距离是欧氏距离，即一般几何意义上的距离，这种距离无论是矢量结构还是栅格结构，实现起来都比较容易。但现实生活中，旅行所耗费的距离常常不只与欧氏距离成正比，还与路况、运输工具的性能等有关，即从固定点出发，旅行特定时间后所能达到的点在各个方向上是不同距离的（也即在各个方向上的阻力是不同的）。这样，考虑阻力影响，所计算出的距离称为耗费距离。

在 ArcView 中，可以实现各种距离和体积的量算。

2）空间数据的内插

空间数据往往是根据自己的要求获取采样的观测值，诸如土地类型、地面高程等。这些点的分布往往是不规则的，在用户感兴趣或模型复杂区域可能采样点多，在其他地区则采样点少，由此使所形成的多边形的内部变化不可能表达得更精确、更具体，而只能达到一般的平均水平。但用户在某些时候却想获知未观测点的某种感兴趣特征的精确值，这就产生了空间内插技术。一般来讲，在已存在观测点的区域范围之内估计未观测点的特征值的过程称内插；在已存在观测点的区域范围之外估计未观测点的特征值的过程称推估。

正如我们所知，现实空间可以分为具有渐变特征的连续空间和具有跳跃特征的离散空间。举例来讲，土地类型分布属离散空间，而地形表面分布则是连续空间，见图 8-7 和图 8-8。

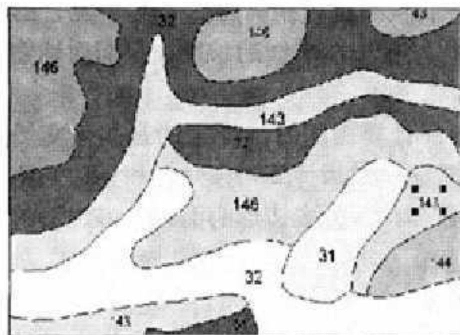


图 8-7 离散空间（图斑中的数字代表土地利用类型）



图 8-8 连续空间（图中的线为等高线）

对于离散空间，假定任何重要变化发生在边界上，则在边界内的变化是均匀的、同质的，即在各个方面都是相同的。对于这种空间的最佳内插方法是邻近元法，即以最邻近图元的特征值表征未知图元的特征值。这种方法在边界会产生一定的误差，但在处理大面积多边形时，则十分方便。在 ArcView 中，无离散数据的内插功能，只有把矢量的离散数据转换为 GRID 数据的功能。

但是，对于连续空间表面，上述处理方法则不合适。连续表面的内插技术必须采用连续的空间渐变模型实现这些连续变化，可用一种平滑的数学表面加以描述。这类技术可分为整体拟合和局部拟合技术两大类。整体拟合技术分为趋势面拟合、变换函数插值、傅里叶级数和小波变换等。其中，趋势面拟合技术的思路是先用一组采样点数据拟合出一个平滑的数学平面方程，再根据方程计算无测量值的点上的数据。这种内插技术的特点是不能提供内插区域的局部特性，因此，该模型一般用于模拟大范围内的变化。傅里叶级数和小波变换多用于遥感影像的分析。局部拟合技术则是仅仅用邻近的数据点来估计未知点的，因此可以提供局部区域的内插值，而不致受局部范围外其他点的影响。这类技术包括：双线性多项式内插、移动拟合法、最小二乘配置法等等。

在 ArcView 中，可以通过 Interpolate Grid 命令来完成把连续空间的点或线数据内插成 GRID 数据。

3）空间信息再分类（Reclassify）

空间信息分类方法是地理信息系统功能的重要组成部分。与地图相比较，地图上所载负的数据是经过专门分类和处理过的，而地理信息系统存储的数据则具有原始数据的性质，这样用户就可以根据不同的使用目的对数据进行任意提取和分析。对于数据分析来说，采用的分类方法不同，得到的结果也会不同。

空间信息的再分类方法有两类：一类是基于地理信息的非空间属性如高程、产值、性质等进行再分类，它并不改变地物已有的属性值，而只是根据地物的属性，将它们划分到相应的类别中。此种分类可以通过简单的改变图例表现来完成（如 ArcView 中的 Legend Edit 功能），也可通过使用经典的数理统计方法如主成分分析法、层次分析法、聚类分析法等来完成。另一类再分类方法是通过对地物属性信息经过分类组织产生新的地物特征。对于矢量数据结构中的点、线地物，可以通过简单的修改属性表中的数值来实现，对面状地物还需同时改变实体的几何形状和属性。对于栅格数据，也可通过赋值

或简单的计算获取新的地物属性，来达到重新分类的目的（如 ArcView 中的 Reclassify 功能）。

4）缓冲区分析（Buffer）

缓冲区分析是研究根据数据库的点、线、面实体，自动建立其周围一定宽度范围内的缓冲区多边形实体，从而实现空间数据在水平方向得以扩展的信息分析方法。它是地理信息系统重要的和基本的空间操作功能之一。例如，城市的噪音污染源所影响的一定空间范围、交通线两侧所划定的绿化带，即可分别描述为点的缓冲区与线的缓冲带；而多边形面域的缓冲带有正缓冲区与负缓冲区之分（图 8-9）。



点的缓冲区　　线的缓冲区　　面的缓冲区

图 8-9　缓冲区示意图

缓冲区分析多用于矢量数据结构，少数情况也用于栅格结构。基于矢量结构的缓冲区计算有角分线法，凸角圆弧法等。

ArcView 中的缓冲区分析是基于栅格数据结构的，命令是 Find Distance。

5）叠加分析（Overlay）

大部分的 GIS 软件均是以层来组织数据，数据层面既可以用矢量结构的点、线、面层文件方式来表达，也可以用栅格结构的图层文件格式来表达。

GIS 中的叠加分析是将有关专题层面进行叠加产生一个新的数据层面的操作，其结果综合了原来两层或多层要素所具有的属性。

叠加分析可以分为以下几类：

（1）视觉信息的叠加。视觉信息的叠加是将不同层面的信息叠加显示在结果图件或屏幕上，它不产生新的数据层面，只是将多层信息复合显示，以便研究者判断其相互关系，从而获得更为丰富的空间关系。

地理信息系统中视觉信息的叠加包括以下几类：① 面状图、线状图和点状图之间的复合；② 面状图区域边界之间或一个面状图与其他专题区域边界之间的复合；③ 遥感影像与专题地图的复合；④ 专题地图与数字高程模型复合显示立体专题图；⑤ 遥感影像与 DEM 复合生成真三维地物景观。

目前，基本上所有的 GIS 软件都可以实现视觉信息的叠加功能，ArcView 同样也可以完成此功能。

（2）矢量图层的叠加。根据叠加的矢量数据类型的不同，分为点与多边形的叠加、线与多边形的叠加、多边形叠加三种。其中，前两者较为简单。多边形的叠加是将两个或多个多边形图层进行叠加，产生一个新的多边形图层的操作，其结果是将原来多边形要素分割成新要素，新要素综合了原来两层或多层的属性。

多边形叠加的结果可能会出现一些碎屑多边形，须对其进行消除。

目前，ArcView 还不支持矢量图层的叠加。

（3）栅格图层的叠加。有时也称为栅格数据的信息复合，它是指不同层面的栅格数据逐网格按一定的数学法则或逻辑判断进行运算，从而得到新的栅格数据系统的方法。如图 8-10，是栅格图层 A、B、C 进行信息复合的一个简单例证。

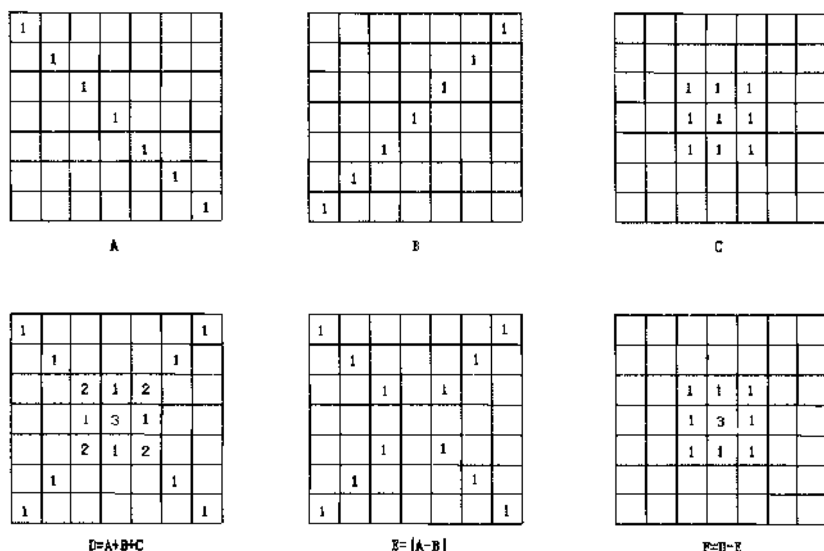


图 8-10　栅格图层的复合运算

在具体应用中，栅格图层之间的叠加（复合）可以用更为复杂的函数运算。例如利用土壤侵蚀通用方程式计算土壤侵蚀量时，就可利用多层面栅格数据的函数运算复合分析法进行自动处理。一个地区土壤侵蚀量的大小是降雨(R)、植被覆度(C)、坡度(S)、坡长（L)、土壤抗蚀性(SR)等因素的函数。可写成：

$$E=f(R，C，S，L，SR\cdots) \tag{8-4}$$

栅格图层的逐网格分析运算如图 8-11 所示。

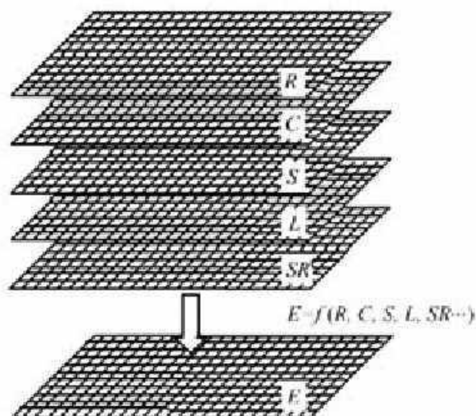


图 8-11　栅格图层的复合运算在水保方面的运用

在 ArcView 中，使用 Map Calculator 可以很方便地实现栅格图层的复合运算。

6）邻域分析

也称窗口分析。邻域分析主要应用于栅格数据模型，这是因为地学信息除了在不同层面的因素之间存在着一定的制约关系之外,还表现为空间上存在着一定的关联性。对于栅格数据所描述的某项地学要素，其中的(*I*，*J*)栅格往往会影响其周围栅格的属性特征。准确而有效地反映这种事物空间上联系的特点，是计算机地学分析的重要任务。窗口分析是指对于栅格数据系统中的一个、多个栅格点或全部数据，开辟一个有固定分析半径的分析窗口，并在该窗口内进行诸如极值、均值等一系列统计计算，或与其他层面的信息进行必要的复合分析，从而实现栅格数据有效的水平方向扩展分析。

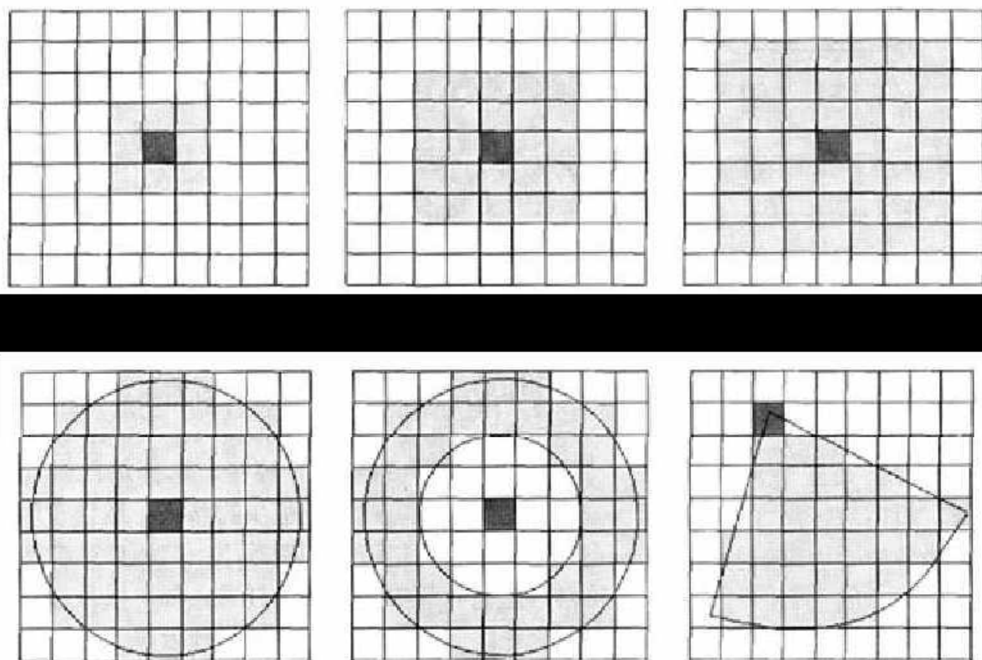
（1）分析窗口的类型。按照分析窗口的形状，可以将分析窗口划分为以下类型：

A．矩形窗口：是以目标栅格为中心，分别向周围八个方向扩展一层或多层栅格，从而形成如图 8-12 a、b、c 所示的矩形分析区域，a、b、c 分别表示矩形区域的大小是 3×3、5×5、7×7 的矩形窗口。

B．圆型窗口：是以目标栅格为中心，向周围作一等距离搜索区，构成一圆型分析窗口，见图 8-12 d。

C．环型窗口：是以目标栅格为中心，按指定的内外半径构成环型分析窗口，见图 8-12 e。

D．扇型窗口：是以目标栅格为起点，按指定的起始与终止角度构成扇型分析窗口，见图 8-12 f。



d. 圆形窗口　　e. 环形窗口　　f. 扇形窗口

图 8-12　分析窗口的类型

（2）窗口内统计分析的类型。栅格分析窗口内的空间数据的统计分析类型一般有

以下几种类型：① Mean；② Maximum；③ Minimum；④ Median；⑤ Sum；⑥ Range；⑦ Majority；⑧ Minority；⑨ Variety；⑩Standard Dev。

在 ArcView 软件中，窗口分析的功能是 Neighborhood statistic 命令。

7）追踪分析

追踪分析一般都是基于栅格数据的，它是指对于特定的栅格数据系统，由某一个或多个起点，按照一定的追踪线索进行追踪目标或者追踪轨迹信息提取的空间分析方法。如图 8-13 所示，栅格所记录的是地面点的海拔高程值，根据地面水流必然向最大坡度方向流动的基本追踪线索，可以得出地面水流的基本轨迹。此外，追踪分析法在扫描图件的矢量化、利用数字高程模型自动提取等高线、污染源的追踪分析等方面都发挥着十分重要的作用。

79.8	77.9	75.9	75.5	77.7	80	86.7	93.7
82	78.8	76.5	74.4	76.7	79.7	86.4	93.4
83.8	79.7	77.3	77.4	76.4	79.4	85.9	92.8
81	77.7	77.7	74.4	75.5	78.7	84.3	90.8
82.6	79.2	79.2	75.3	73.9	77.6	82.4	88.1
83.9	80.3	80.3	76.4	73	76.5	80.4	85.2
88.5	81.2	81.2	77.2	73	75.3	79.1	82.2
89.3	82.2	82.2	78.3	74	72	76.2	79.2

图 8-13　由追踪法提取地面水流的路径

ArcView 中的水文分析及生成等高线的功能就是利用了追踪分析的原理。

8）网络分析

网络分析是基于矢量数据的，其主要用途是：选择最佳路径、选择最佳布局中心的位置。所谓最佳路径是指从起点到终点的最短距离或花费最少的路线；最佳布局中心位置是指各中心所覆盖范围内任一点到中心的距离最近或花费最小；网流量是指网络上从起点到终点的某个函数，如运输价格，运输时间等。网络上任意点都可以是起点或终点，其基本思想则在于人类活动总是趋向于按一定目标选择达到最佳效果的空间位置。这类问题在生产、社会、经济活动中不胜枚举，因此研究此类问题具有重大意义。

网络中的基本组成部分和属性如下：① 链（Link），网络中流动的管线，如街道、河流、水管等，其状态属性包括阻力和需求。② 结点(Node)，网络中链的结点，如车站、街道交叉口、港口等，其状态属性包括阻力和需求等，结点又有下面几种特殊的类

型：

• 障碍：禁止网络链上流动的点。

• 拐角点：出现在网络链中所有的分割结点上状态属性的阻力，如拐弯的时间和限制(如不允许左拐)。

• 中心：是接受或分配资源的位置，如水库、商业中心、电站等。其状态属性包括资源容量（如总的资源量)、阻力限额（如中心与链之间的最大距离或时间限制)。

• 站点：在路径选择中资源增减的站点，如库房、汽车站等，其状态属性有要被运输的资源需求，如产品数。

网络中的结点实际的状态属性可通过空间属性和状态属性的转换，根据实际情况赋到网络属性表中。

网络分析的基本方法：

（1）路径分析

A．静态求最佳路径：由用户确定权值关系后，即给定每条弧段的属性，当需求最佳路径时，读出路径的相关属性，求最佳路径。

B．动态分段技术：给定一条路径由多段联系组成，要求标注出这条路上的公里点或要求定位某一公路上的某一点，标注出某条路上从某一公里数到另一公里数的路段。

C．*N* 条最佳路径分析：确定起点、终点，求代价较小的几条路径，因为在实践中往往仅求出最佳路径并不能满足要求，可能因为某种因素不走最佳路径，而走近似最佳路径。

D．最短路径：确定起点、终点和所要经过的中间点、中间连线，求最短路径。

E．动态最佳路径分析：实际网络分析中权值是随着权值关系式变化的，而且可能会临时出现一些障碍点，所以往往需要动态地计算最佳路径。

（2）地址匹配

地址匹配实质是对地理位置的查询，它涉及到地址的编码。地址匹配与其他网络分析功能结合起来，可以满足实际工作中非常复杂的分析要求。所需输入的数据，包括地址表和含地址范围的街道网络及待查询地址的属性值。

（3）资源分配

资源分配网络模型由中心点(分配中心)及其状态属性和网络组成。分配有两种方式：一种是由分配中心向四周输出，另一种是由四周向中心集中，这种分配功能可以解决资源的有效流动和合理分配，其在地理网络中的应用与区位论中的中心地理论类似。在资源分配模型中，研究区可以是机能区，根据网络流的阻力等来研究中心的吸引区，为网络中的每一连接寻找最近的中心，以实现最佳的服务。它还可以用来指定可能的区域。

资源分配模型可用来计算中心地的等时区、等交通距离区、等费用距离区等。可用来进行城镇中心、商业中心或港口等地的吸引范围分析，可以用来寻找区域中最近的商业中心，进行各种区划和港口腹地的模拟等。

在 ArcView 中，网络分析作为一个单独的扩展模块和空间分析模块并列存在。

第九章　ArcView 的空间分析基础

ArcView 空间分析模块是解决地理空间问题的工具。它主要包括距离制图、计算密度、统计分析、邻域分析、数据的重分类、表面生成、等高线生成、坡度提取、坡向提取、光照模型的生成、流域的划分等功能。利用 ArcView 的空间分析模块解决空间问题，首先要把问题空间化、模型化，然后利用 ArcView 提供的各种功能的组合来完成。

ArcView 的空间分析模块主要是基于栅格数据模型的。ArcView 的空间分析模块不仅支持矢量数据模型，还支持栅格数据模型。矢量数据是用点、线、面来描述地理特征及其变化的，它主要用于精确地描述地理特征，在 ArcView 中，点、线、面数据分别是存放于不同的主题中来管理的。栅格数据是通过将地表分隔成不同的单元来表示地理特征及其变化的，对栅格数据的存储只是通过存储栅格的原点、栅格单元的尺寸、距离原点的单元数和每个栅格单元的值，对栅格数据影响最大的是栅格单元的尺寸。单元尺寸越大，则对地理特征的描述越粗糙、越不精确，但产生的数据量会越小，处理速度会很快。相反，单元尺寸越小，描述越精确，但数据量会很大，运算速度很慢。

本章仅就 ArcView 空间分析模块的基础知识、基本操作做一一介绍。

第一节　栅格主题的简单显示

1. ArcView 空间分析模块的装入

ArcView 的空间分析模块是独立于 ArcView 的主模块之外的独立的一个扩展模块，要使用其功能，首先要把 Spatial Analysis 模块装入，才可使用。装入的方法如下：

（1）点击<File>菜单下的<Extension>（扩展模块）命令；

（2）单击“Spatial Analysis”模块的复选框，然后点击对话框的 OK 按钮确认，则可装入该模块。

ArcView 的空间分析模块装入以后，会发现下拉菜单中会增加“Surface”和“Analysis”两个菜单项，“Theme”菜单下也会多增加几项功能。

2. 增加并显示一个栅格主题

（1）单击工具栏上的添加主题按钮 的<Add Theme>命令；

（2）点击“Data Source Types”（数据源的种类）下的 （箭头），选择“Grid Data Source”作为添加主题的数据种类，见图 9-1；

（3）选择栅格主题所在的驱动器，双击栅格主题所在的目录及其子目录，再双击栅格文件的文件名，则可将该栅格文件做为一个主题添加到视图中；

（4）单击此栅格主题上方控制按钮的复选框，则可显示此栅格主题的内容。

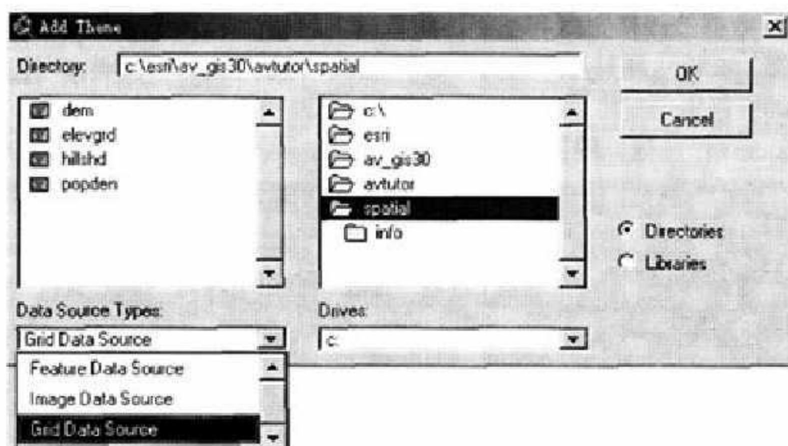


图 9-1　栅格主题的添加界面

3. 栅格主题中图例的类型

和其他 ArcView 的主题一样，每个栅格主题都是基于一个数据源。正如前面所讲，描述地理特征的数据可以分为离散数据和连续数据，离散数据如土地利用类型、坡度级别、建筑物层数、行政范围等，一般用整数数据来表示。基于离散数据的栅格主题一般都有一个表与其相关联，表中存储着这个栅格主题的所有的数据值和每个值的单元总数。连续数据如高程、气温、降雨量、坡度等，主要表示连续分布的地表特征，一般用浮点型的数据来表示。基于浮点型数据的栅格主题因其每个栅格单元的值都不同，所以没有一个相对应的表与其关联，只能通过下面的“栅格主题中单元值的查询”来查看每个栅格单元的值。

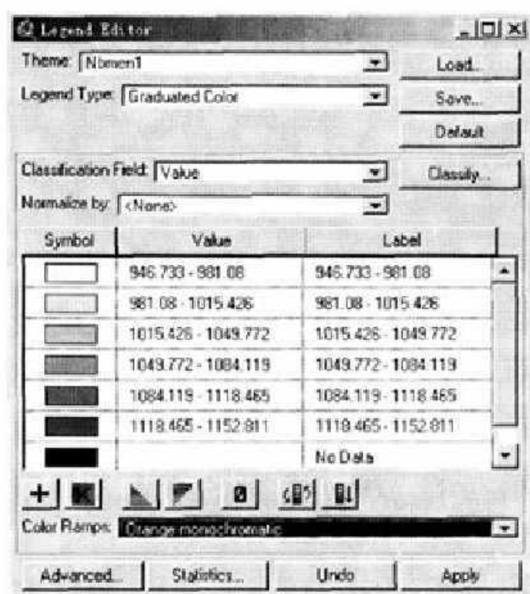


图 9-2　基于连续数据的栅格主题的“渐进色”图例类型

基于离散数据的栅格主题和基于连续数据的栅格主题可用的图例类型是不同的。基于连续数据的栅格主题只可以用 Graduted Color（渐进色）图例类型（图 9-2），而基于离散数据的栅格主题既可以用 Graduted Color（渐进色）图例类型（图 9-3），也可以用 Unique Value（惟一值）图例类型（图 9-4）。

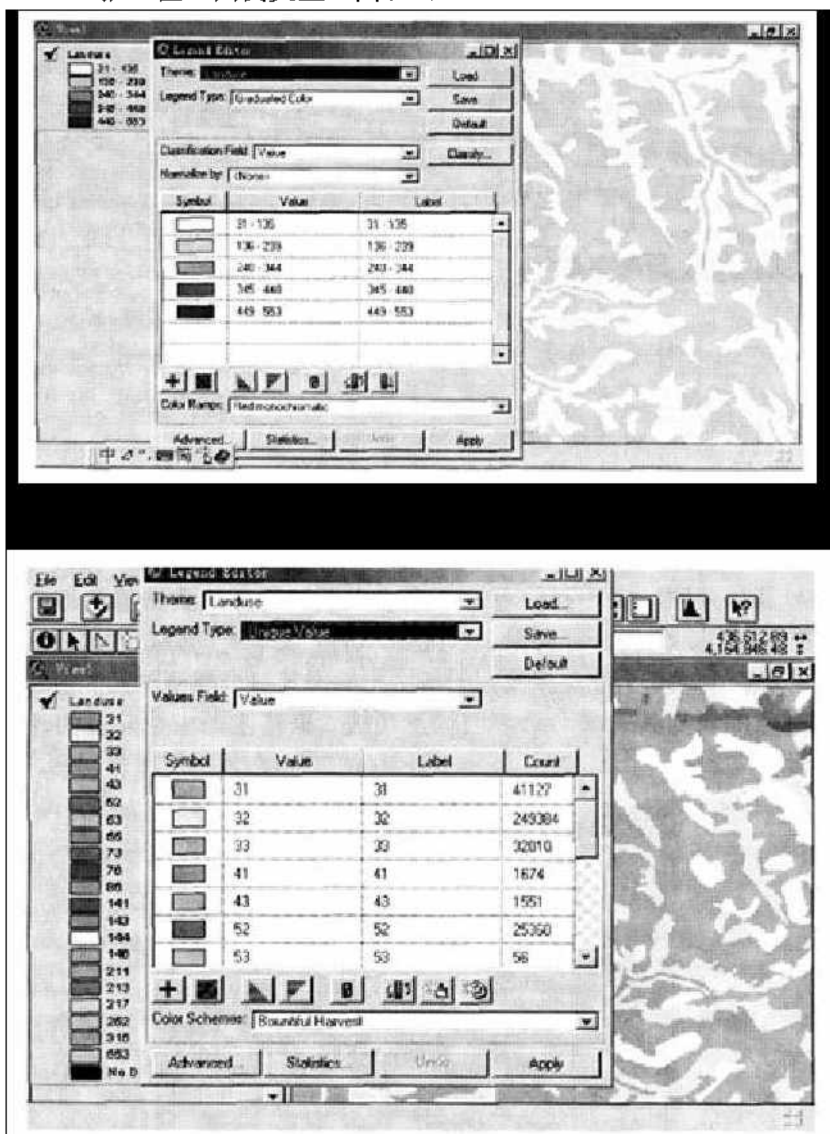


图 9-4　基于离散数据的栅格主题的“惟一值”图例类型

第二节　栅格主题的查询及显示

1．栅格主题中单元值的查询

要想查看某个栅格主题的单元值，可以先激活这个栅格主题，然后点击快捷按钮

来查询每个栅格单元的值。

查询栅格单元值的功能，不管是对离散型的栅格主题还是连续型的栅格主题，都可以完成。不同的是查询离散型的栅格主题的单元值，除了有这个单元的值外，还有一项是这个值在整个栅格主题中的数目，见图 9-5。



图 9-5　栅格主题中单元值的查询

2．栅格主题中属性的概略统计

除了了解栅格主题单个单元的属性外，有时还需要了解整个主题属性的取值范围（最大值、最小值）、平均值、标准差等统计信息。方法如下：

（1）双击视图内容列表中栅格主题的图例，打开图例编辑器；

（2）单击下端的统计（Statistics）按钮，打开“统计”对话框。选择任何想了解的字段（Field），则可得到这个字段的统计信息。对于连续型栅格主题，其字段只有一个“Value”，统计信息包括最大值、最小值、平均值、标准差（图 9-6）。对于离散型的栅格主题，其字段最少包括两项：“Value”和“Count”，每一个字段的统计信息包括最大值、最小值、单元数目、每个单元数值的总和、平均值、标准差（图 9-7）。

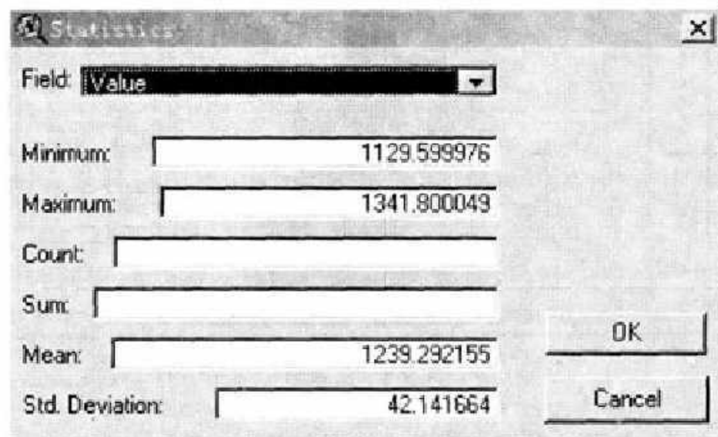


图 9-6　连续栅格主题的属性概略统计

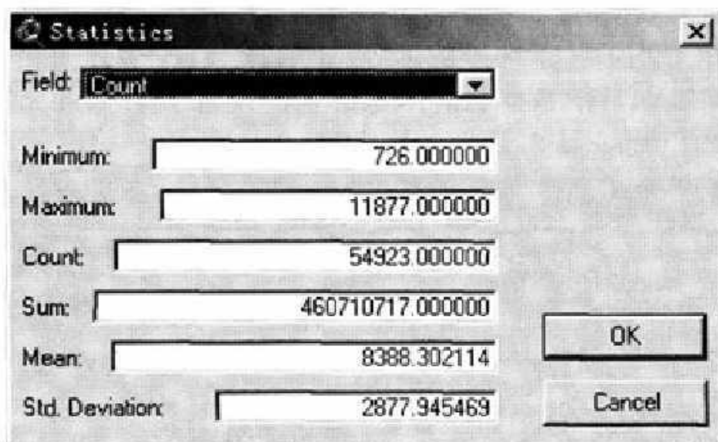


图 9-7　离散栅格主题的属性概略统计

3. 以直方图形式显示栅格主题的属性

直方图是一种对大量数据进行统计的图表表示方法。直方图对连续数值的栅格主题和离散数值的栅格主题都可以表示。直方图是按照栅格主题的图例分类和符号（主要指颜色）来建立直方图的条数、颜色，直方图中的每一条代表该栅格主题中的某一个（如果是连续数值的栅格主题，则是某一个范围的数值）值的单元总数。另外，可以通过改变栅格主题中的图例分类来改变直方图的分组形式及符号（颜色）的组成。

1）建立一个栅格主题中所有单元的直方图；

（1）激活栅格主题；

（2）单击



另外，还　在该区域中创建这个特定

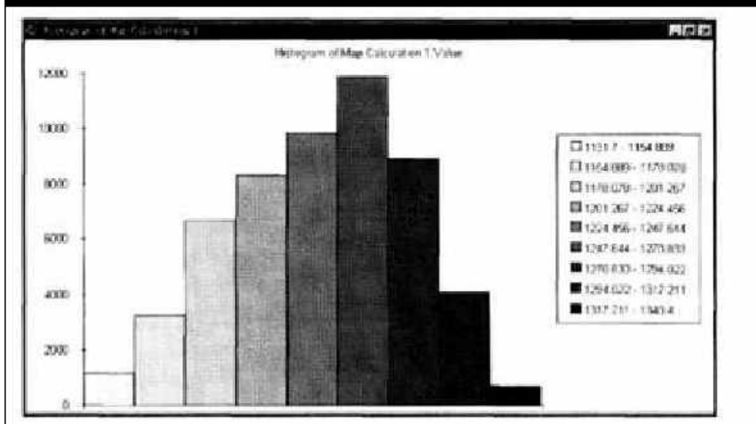


图 9-8　直方图

2）建立某一特定图形内所含栅格单元的直方图

（1）使用工具条上的绘图工具，绘制一个任意图形，可以是点、线或面，然后选择

它。如果已经有一个特定的图形，也可以直接选择；

（2）点击栅格主题，激活它；

（3）点击工具条上的直方图按钮。图 9-9 是图中的线所经过的栅格单元的直方图。

还有一种建立直方图的方法是：利用另外一个主题中的点、线、面来定义哪些栅格单元将用来创建直方图。这些特征不仅仅可以定义区域，而且主题的某一个属性字段还可以定义直方图如何分组。具体方法见后面的 ArcView 空间分析功能中的"Histogram By Zone"。这方面的例子有：如果知道了某一个区域的土地利用类型，也知道这个区域每一个栅格单元的坡度，要想知道每一种土地利用类型中坡度的组合情况，可以通过此方法来完成。

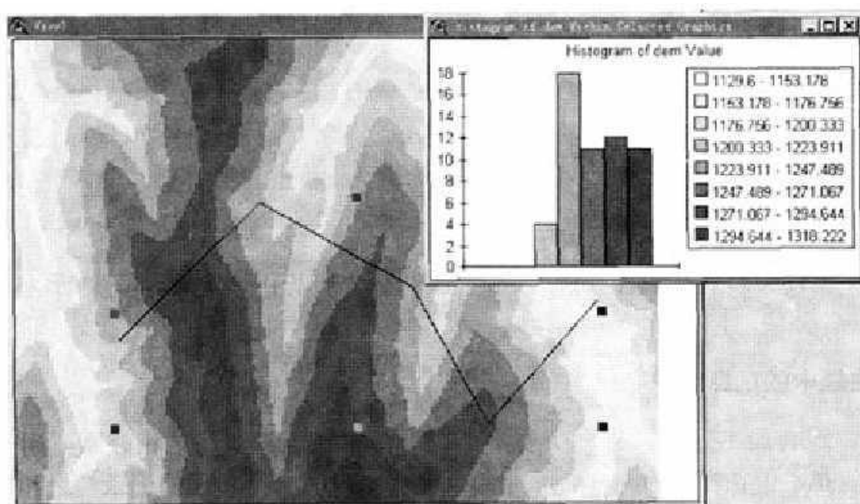


图 9-9　某一条线所经过的栅格单元的直方图

4．显示栅格主题的亮度

在显示栅格主题中，栅格单元的每一个单元的颜色是按照左侧图例的颜色显示的。ArcView 还提供了一种功能，使每个栅格单元颜色的亮度随着另一个主题的相应单元的值而进行改变，这可以给整个图形的显示带来深度感和层次感。这样，在视图中不仅能看到一个变量在空间上的变化，还可以看到此变量在另一个变量中的变化。比如，可以观察土地利用和地形之间的关系。

（1）双击视图内容列表中的一个栅格主题，打开图例编辑器；

（2）选择图例编辑器上的 Advanced 按钮；

（3）从主题列表中选择一个主题作为"Brightness Theme"（亮度主题）；

（4）输入合适的"Minimum Cell Brightness"（单元的最小亮度值）和"Maximum Cell Brightness"（单元的最大亮度值），点击 OK 按钮确定，点击图例编辑器中的 Apply 按钮确定。图 9-10 是一个选用 Hillshade 主题作为亮度主题的土地利用类型主题的栅格显示。



图 9-10　有深度感的主题图层

第三节　有关栅格主题空间分析的几个基本操作

1．栅格主题中的选择

在点、线、面主题中，每一个要素都有一个单独的记录与之相联系，用于记录要素的属性信息。但在栅格主题中，每个单元在表中没有一个单独的记录与之相对应。基于连续数据的栅格主题没有单独的表存在，基于离散数据的栅格主题存在一个表与之相连，但只是记录了这个栅格主题中所有的值及其统计的总数，如图 9-11。

Value	Count
31	41127
32	249084
33	32010
41	1674
43	1551
52	25360
53	56
55	225
73	389
76	5979
95	5495
141	1059
143	22496
144	164524
146	436486
211	12386
213	11177
217	231
252	2362
315	302
560	138

图 9-11　与离散数据的栅格主题相连的表的结构和内容

要想在视图中选择栅格主题中的单元，对基于连续数据的栅格主题是不能完成的，对基于离散数据的栅格主题，只能通过工具按钮 ▦ 或点击 Theme 下的 Table 命令来打开属性表，点选其中的一个或多个值（选中后，会以黄色亮显），则视图中所有具有

该值的栅格单元都会被选中。所以，栅格主题中栅格单元的选择只能是针对于离散数据的栅格主题，并且一般都是一个属性值同时对应许多栅格单元。

如果想要选中连续型数据的栅格主题，可以通过重分类（具体方法见下一节），把其变为离散数据的栅格主题，再用上述的方法选取。

2. 空间分析属性值的设置

在使用 ArcView 的空间分析功能之前，都需要设置空间分析的属性值，这是进行空间分析的前提工作。空间分析的属性值是通过点击 Analysis 下的 Properties 命令来实现的。空间分析的属性值主要包括空间分析的范围(Analysis Extent)和空间分析的栅格单元大小（Analysis Cell Size）。空间分析的范围可以通过给定精确的 Left、Top、Bottom、Right 值（对应分析范围的最小 x 值、最大 y 值、最小 y 值、最大 x 值）来实现，也可以通过下拉列表选项（Same as View, Same as Display, Same as 主题 A 等来设定，见图 9-12）来选择。空间分析的栅格单元尺寸可以通过输入精确的值，也可以通过下拉列表选项（Same as 专题，Maximum of inputs, Minimum of inputs）来选择。

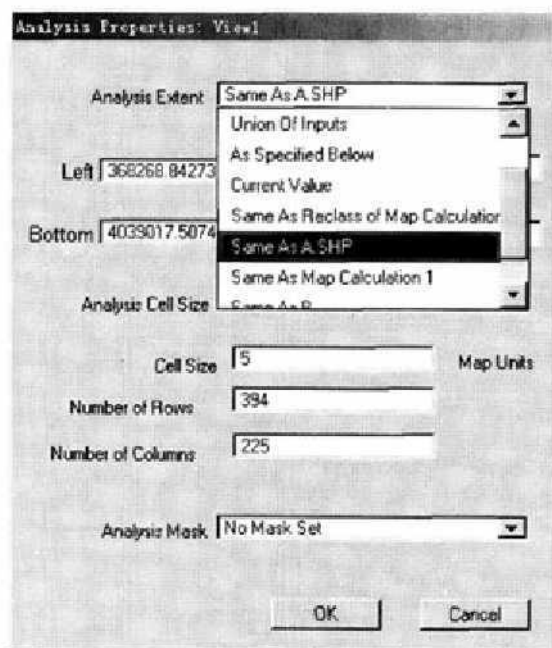


图 9-12　空间分析属性值的设定

3. 栅格主题的裁剪

对一幅范围比较大的栅格主题，如果只需要其中的一部分，可以通过裁剪的方法来完成。裁剪框的形状不同，裁剪的方法也不同。

1）如果裁剪框是矩形，可以有两种裁剪方法

（1）第一种方法

A. 激活并显示栅格主题 A；

B．点击绘制矩形的工具按钮 ▭；

C．光标对准想要绘制的矩形边框的左下角和右上角，分别记录这两个点的 x，y 坐标（位于视图右上方）；

D．点击<Analysis>下的<Properties>，输入分析范围的值，其中 Left 的值是上面记录的矩形边框左下角点的 x 值，Bottom 的值为矩形边框左下角点的 y 值，Right 的值为矩形边框右上角点的 x 值，Top 的值为矩形边框右上角点的 y 值。同时，输入分析栅格单元的大小"Same as A"。图 9-13 是通过绘制矩形得到的 Left、Right、Bottom、Top 的值。因为记录的矩形的左下角和右上角的 x、y 坐标是任一实数，为了使裁剪后的主题和原始栅格主题的单元位置完全一致，还需对 Left、Right、Bottom、Top 的值进行修正（图 9-14），把其改为分析栅格单元尺寸的整数倍（只是对分析范围的值做很小的改变，最大改变值不超过栅格单元尺寸的 1/2），否则，整个主题栅格单元的位置会整体发生很小的位移（图 9-15，两个矩形框分别是栅格主题左上角没有经过修正的栅格单元的起始位置和原始栅格单元的位置，两者有着很小的差别，两个栅格单元左上角点的坐标如图所示）；

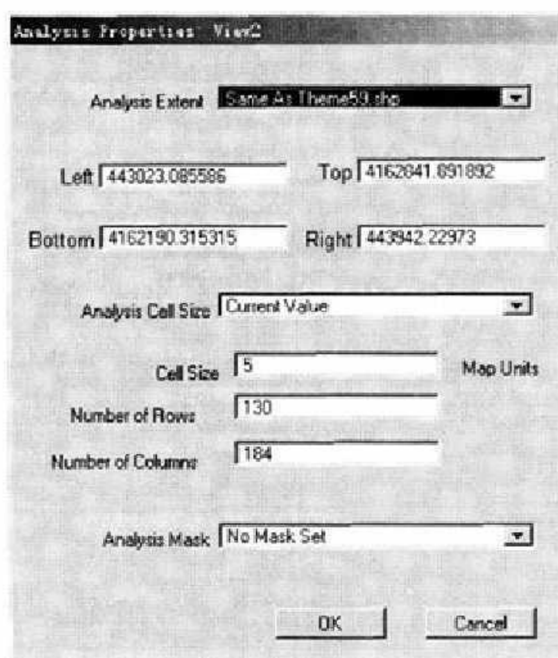


图 9-13　绘制的矩形的实际 x、y 坐标

E．点击<Analysis>下的<Map Calculator>命令， 在对话框中，先双击主题层 A，再分别点击乘号、1，最后，点击 Evaluate。这一步的实质是对 A 层进行了计算，公式为 A×1。因为空间分析的范围不同，则得到的新主题是矩形框范围以内的栅格主题，而栅格主题的内容并没有发生变化，只是栅格主题的范围不同，这样就实现了栅格主题的裁剪；

F．经过第 E 步后，得到一个新的栅格主题。在 ArcView 中，经过 Map Calculator 运算后，生成了一个新的栅格主题，对新栅格主题的名称，ArcView 会缺省指定一个"Map

Calculator 数字”的形式，如果在这个视图中 Map Calculator 是第一次执行，则新生成的主题名是 Map Calculator 1，如果是第二次，则主题名是 Map Calculator 2。如果想更改生成的主题名，可以通过<Theme>下的<Properties>来完成。

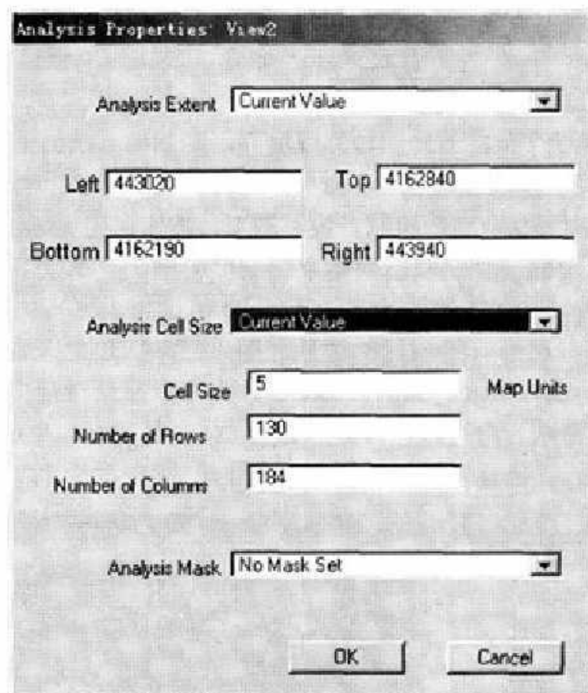


图 9-14　修正后分析范围的值

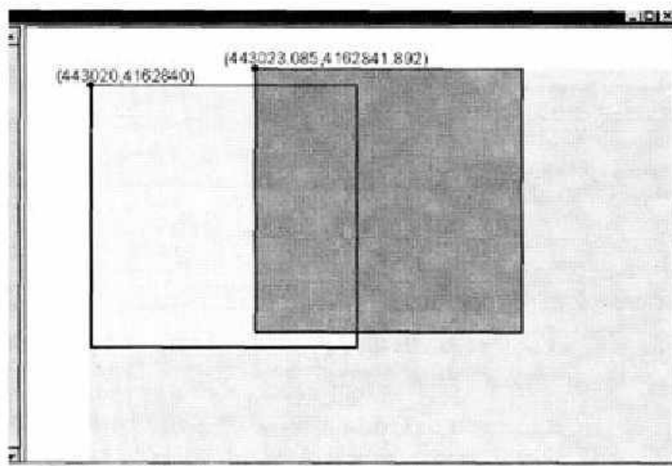


图 9-15　没有修正分析范围的值带来的栅格整体的位移

（2）第二种方法

A．点击<View>下的<New Theme> 命令，选择建立一个 Polygon 主题 A；

B．点击绘制矩形的工具按钮，用鼠标绘制要裁剪的矩形，则形成一个包含有一个

矩形的面主题；

C．点击<Analysis>下的<Properties>，输入分析范围为“Same as A”， 栅格单元的大小为“Same as 栅格主题 ”。同样，也需要对分析范围的Left、 Right、Bottom、Top值进行修正，把其改为分析栅格单元尺寸的整数倍；

D．点击<Analysis>下的<Map Calculator>命令，公式为“栅格主题*1”，则可得到裁剪后的新的栅格主题。

2）如果裁剪框是一个任意封闭的边界或境界，则裁剪方法如下

A．点击<View>下的<New Theme> 命令，选择建立一个 Polygon 主题 A；

B．激活多边形主题 A，点击绘制多边形的工具按钮，用鼠标绘制一个要裁剪的多边形，单击增加多边形的节点，双击则结束绘制多边形。点击打开表的按钮 或点击<Theme>下的<Table> 命令，把这个多边形的 ID 值设为 1；

如果在其他主题中已经有绘制好的边界，则只需激活边界所在的主题，选择边界所在的多边形，点击<Edit>下的<Copy Features> 命令。重新激活多边形主题 A，选择<Edit>下的<Paste>（粘贴）命令，也可完成主题 A 中裁剪框的生成。建立好的多边形裁剪框如图 9-16。同样，进行表编辑，把这个多边形的 ID 改为 1；

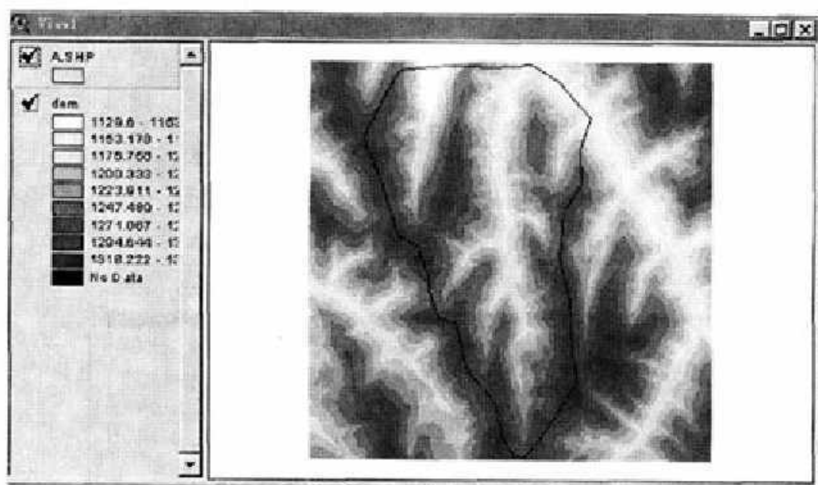


图 9-16 建立好的多边形裁剪框

C．点击<Analysis>下的<Properties>，输入分析范围为“Same as A”， 栅格单元的大小为“Same as 栅格主题”。同样，也对分析范围的 Left、 Right、Bottom、Top 值进行修正，把其改为分析栅格单元尺寸的整数倍；

D．选择<Theme>下的<Convert to Grid> 命令，把多边形主题 A 转为栅格数据。在转换的过程中，需要确定生成的栅格主题所在的路径和文件名（在此文件名记为 B），选择 ID 字段作为栅格单元的值；

E．点击<Analysis>下的<Map Calculator>命令，公式为“栅格主题*B”，则可得到裁剪后的新的栅格主题，编辑新主题的图例，把 No Data 的颜色设为白色。同时打开主题 A 和新生成的栅格主题，显示如图 9-17。

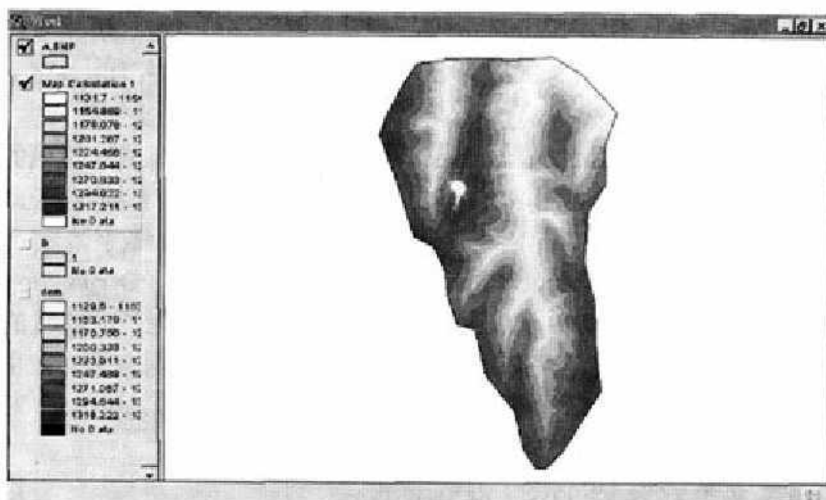


图 9-17　裁剪后的栅格主题

第四节　栅格主题的命名、管理与 No Data 数据的处理

1．栅格主题的命名、存储与管理

空间分析模块中各项基本功能输出的主题都会有一个缺省名。

例一：输入高程栅格数据 DEM，采用<Create Contours>命令提取等高线，输出的等高线主题缺省名为“Contours of 输入主题名”，如：Contours of DEM。与输出主题相关的形文件自动存储于主题所在工程的工作目录下，其缺省名为“ctourX.shp”，X 是一个惟一的数字。

例二：将高程栅格数据 DEM 转换为 TIN 数据。从<Theme>菜单选择<Convert Grid to Tin>命令，将会出现如图 9-18 的对话框。

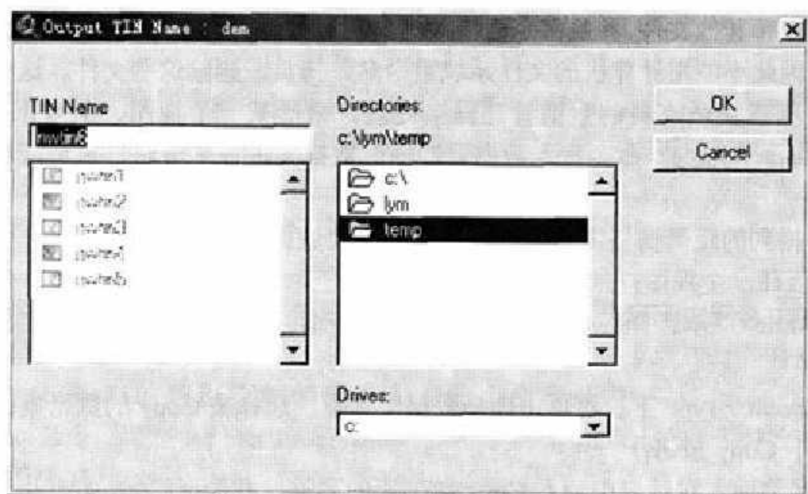


图 9-18　TIN 的命名

新生成的 TIN 主题缺省名为“nwtinX”，X 是一个惟一的数字，并缺省存储于主题所在工程的工作目录下。在 TIN Name 输入框中可以对其重命名，在 Directories 和 Drives 对话框中可选择存储的文件夹。

例二：对输入的点主题用<Find Distance>命令输出距离栅格主题，生成的栅格主题缺省名为“Distance to + 输入主题名”，与此主题有关的数据集自动存储于此工程的工作目录下的一个文件夹下，其缺省名为“distX”，X 是一个惟一的数字。

另外，Map Query、Map Calculation、Neighborhood Statistics、Derive Slope、Derive Aspect 等命令也都生成一个新主题，系统也都会给每一个新主题一个缺省的主题名，并把与此主题有关的数据集自动存储于此工程的工作目录下。如果想要对此主题进行重命名，则可点击<Theme>菜单下的<Properties>命令，修改 Theme Properties 对话框中的 Theme Name（图 9-19）。

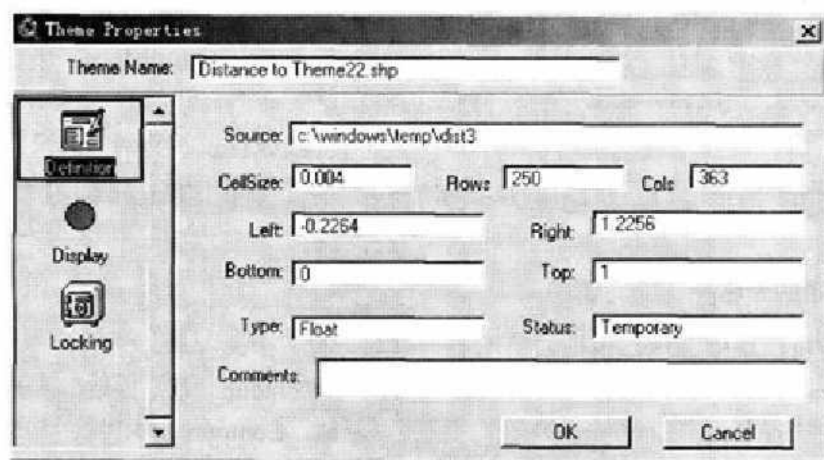


图 9-19　对生成的新主题进行重新命名

空间分析模块对输出的栅格数据集进行管理，每一个栅格数据集被存储在此主题所在的工程的工作目录（Working Directories）下，该目录中包含与之相关的包含栅格特定信息的表和其他文件，并且每个栅格数据集都有数个文件存储于该工作目录的 INFO 文件夹下，因此不能用计算机的文件系统重命名、拷贝或删除这些文件。这些操作只能使用空间分析模块所支持的数据管理器来处理。激活某一个视图，从<File>菜单选择<Manager Data Sources>命令进入数据管理器对数据集进行重命名、拷贝或删除等各种操作。

以前面提到的距离栅格主题为例，对其数据集进行拷贝的步骤如下：

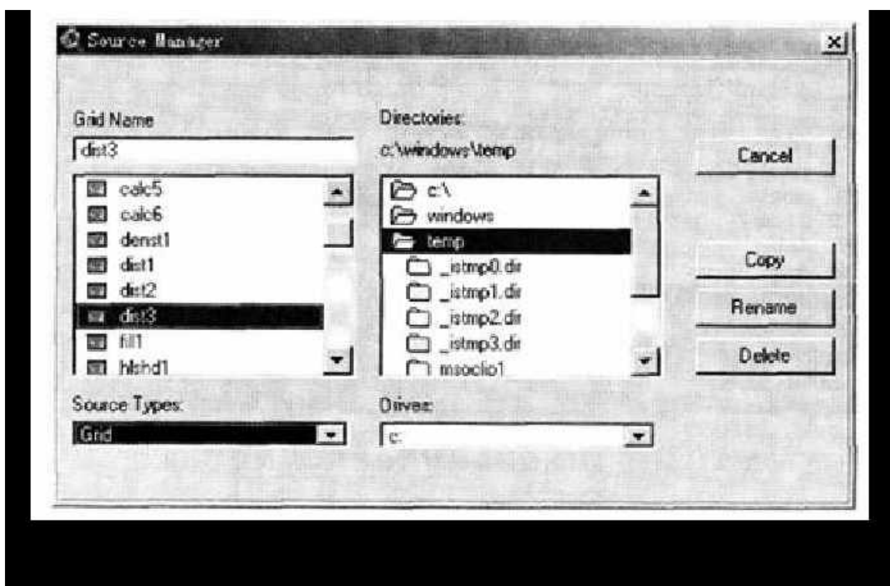
A．激活任一个视图；

B．从<File>菜单选择<Manager Data Sources>命令（可看到数据管理器的界面如图 9-20）；

C．在 Source Type 下拉菜单中选择数据集类型，选择被 Copy 的数据集；

D．按下 Copy 按钮；

E．在名称输入对话框中输入 Copy 数据集的名称，并选择 Copy 数据集所要存放的文件夹（图 9-21），单击 OK。



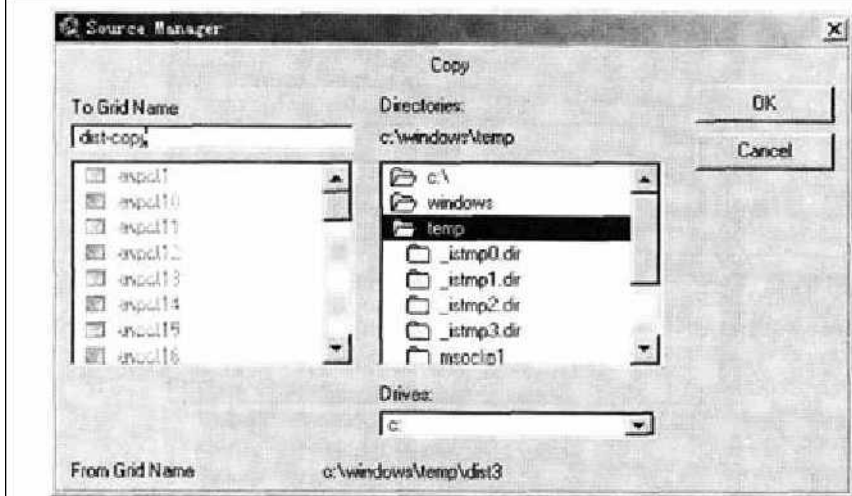


图 9-21　对数据集的 Copy 界面

对数据集的删除与重命名步骤同上。当一项工程被打开时，其中的数据集不能被删除与重命名。当数据集是某个未打开的工程的一部分时，它可以顺利地被删除或重命名。数据集被重命名之后，其所在的工程被打开时，将会出现一个对话框（图 9-22），查询重命名后的数据集名称和所在位置。

确认之后，才能打开原来的主题。

对与输出的点、线、面主题有关的形文件（.shp）或与 TIN 主题有关的数据集既可在数据管理器中进行上述各种操作，也可以用计算机的文件系统进行各种管理。

所有输出栅格的数据集都创建在工程的工作目录中，从<Project>菜单中选择<Properties>命令，可在 Project Properties 对话框中的 Work Directory 中改变此工程的工作目录（图 9-23）。

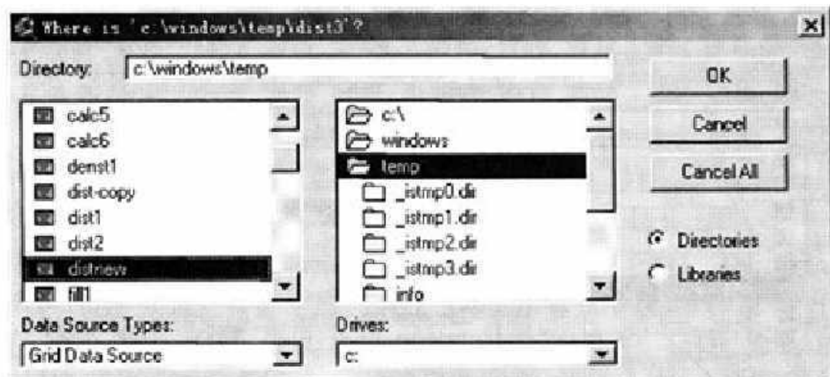


图 9-22 打开重命名数据集时对重命名数据集位置的确认

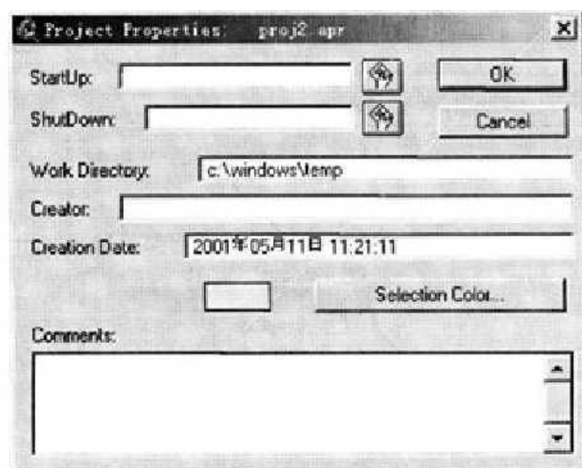


图 9-23 改变工程的工作目录

作为分析的结果，被创建主题的数据集先被存储为临时文件，当主题被删除，或未保存工程而退出 ArcView 时，此数据集将同时被删除。

当工程被存储或者在该主题处于激活状态时，从<Theme>菜单执行<Save Data Set>命令，则所有的数据集将永久地被存储在计算机硬盘上。

2. No Data 数据的处理

在 ArcView 中 No Data 数据是指在分类时不予考虑的数据值。No Data 数据可以表明：没有数据可用、数据停止使用或数据不适于特定的地理要素。

在重分类 Reclassification 命令中，No Data 有两个处理功能：① 将具有 No Data 值的栅格改变为有值的栅格，例如可将 No Data 改变为 0 值，以便将来具有此值的栅格能够被查询；② 将有值的栅格改变为 No Data 栅格，使之在分析中无效。

某个区域的坡度栅格主题 Slope of DEM，其坡度分级为 0°~3°、3°~5°、5°~8°、8°~15°、15°~25°、25°~35°、35°~60°、60°~90°，假设在分析中不包括 35°~60°这一级，

可将它改变为 No Data 数据。具体的操作步骤如下：

A．激活坡度栅格主题 Slope of DEM；

B．从<Analysis>菜单选择<Reclassify>命令。在出现的 Reclassify Values 对话框中将 35°~60°在 New Value 中对应的值改为“No Data”（图 9-24），然后单击 OK。

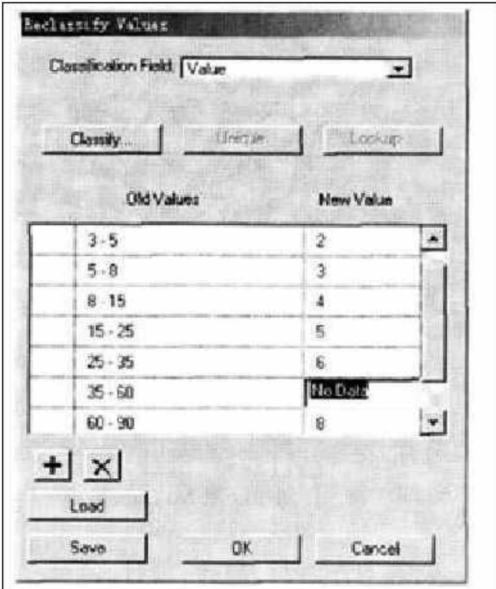


图 9-24 [illegible] a 数据

在输出的重分类数据 [illegible] 这一级的值被变为 No Data 值，在图例中用透 [illegible] 击值为 No Data 的栅格单元，[illegible]



图 9-25 对 No Data 值的标识

双击 Reclass of Slope of DEM 栅格主题的图例，在 Legend Editor 对话框中按下 Null Values 按钮，在 Null Values 对话框中取消 include No Data Class in Legend 选项，就会在图例中隐藏 No Data 数据的图例（图 9-26）。

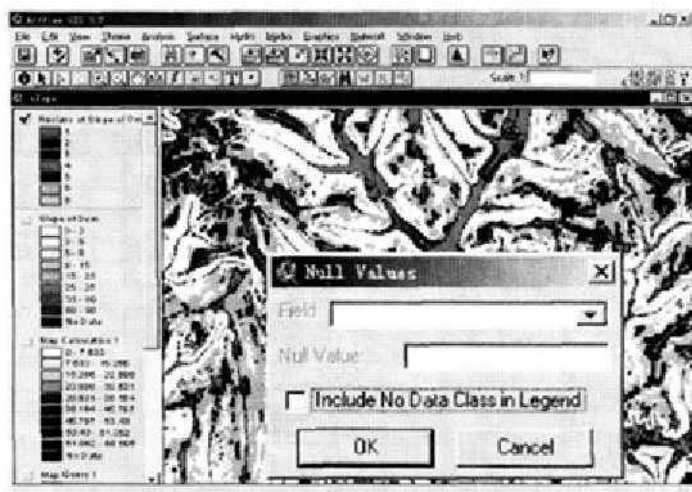


图 9-26　图例中隐藏 No Data 数据

第十章 ArcView 空间分析基本功能

如前所述，ArcView 空间分析模块 Spatial Analyst 具有强大而完备的能力来分析数据空间关系和解决空间问题。本章介绍了 Spatial Analyst 提供的基本空间分析功能和命令，并以实例说明 Spatial Analyst 能够完成的任务、解决的问题类型及解决问题的方式。

第一节 距离制图功能

距离制图功能计算了主题中每个栅格与距其最近的要素之间的距离，这些要素可以是点、线、多边形或其他的有效数据，例如：一口井，一片零售店等。输出的栅格数据表示了每一个栅格距最近要素之间的欧几里德（Euclidean）距离，即两点之间的直线距离。距离制图主要包括测定距离（Find Distance）和邻近制图（Proximity Mapping）两个功能。

1．测定距离（Find Distance）

计算每个栅格与最近要素之间的距离并按远近分级。应用输出的距离数据可以产生缓冲区或找到在距某要素一定范围内的其他要素。它的应用可例举如下：① 水源污染影响度分析；② 为紧急医疗救护找到最近的医院；③ 为失火建筑找到距其 500 米范围内所有的消防水管等。

例如：对一个地区的水源污染状况做分析，其步骤如下：

A．建立一个新的视图；

B．添加水源(例如：水井)分布的点主题 Wells.shp；

C．在<Analysis>菜单中选择<Find Distance>命令；

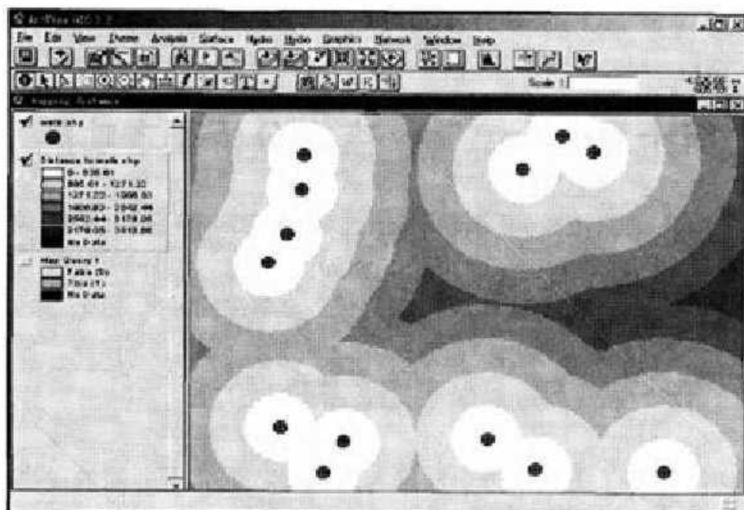
D．显示并激活由 Wells.shp 产生的新栅格主题，Distance to Wells.shp（图 10-1）；

E．双击左边的图例，在弹出的 Legend Editor 对话框中可重新调整分级。

新的栅格主题显示了区域内每个栅格距最近的水井的距离，其中浅色的栅格距各个井的距离最近，对水源的影响最大；深色的栅格距各个井的距离最远，影响最小。在本例中认为距各个水井 1 000 米以内的区域对水质的影响和污染最大，因此，在<Analysis>菜单中选择<Map Query>工具可将距各个水井 1 000 米以内的区域提出作为缓冲区进行分析（图 10-2）。

2．邻近制图（Proximity Mapping）

将所有栅格分配给距它最近的要素（最近要素由欧几里德距离来测定），根据要素的特征值确定每一个要素的覆盖范围。在输出的 Proximity Mapping 栅格数据中，每个栅格值即距其最近的要素的特征值。Proximity Mapping 数据可用来确定分配给每个要素的空间大小。其应用可例举如下：① 为销售员绘制工作区域图；② 在城市防火系



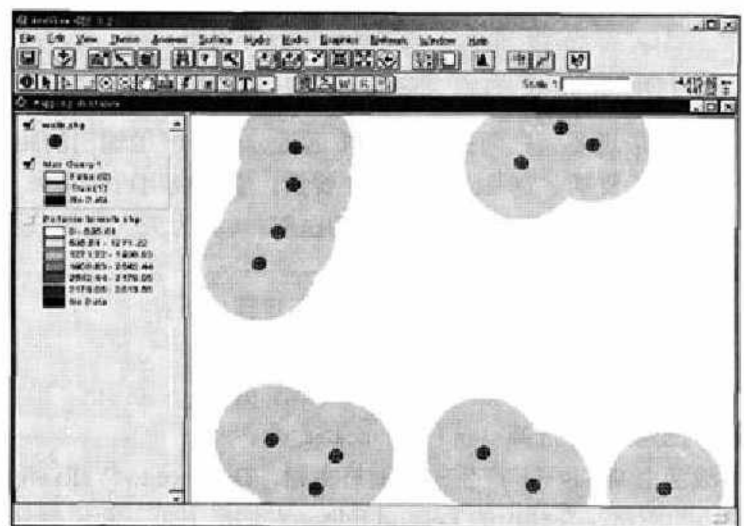


图 10-2　提取距水井 1 000 米范围内的缓冲区

统中确定每个消防水管的服务范围；③ 确定一组电话交换塔的客户服务范围等。

在下面的城市防火系统中，利用 Proximity Mapping 确定每个消防水管的服务范围的步骤如下：

A．在视图目录表中激活消防水管的点主题 Fire Hydrants.shp；

B．在<Analysis>菜单中选择<Assign Proximity>；

C．在出现的 Proximity Field 对话框中，选择 Proximity Mapping 的字段（图 10-3），单击 OK；

D．生成新的栅格数据 Proximity to Fire Hydrants.shp（图 10-4）。

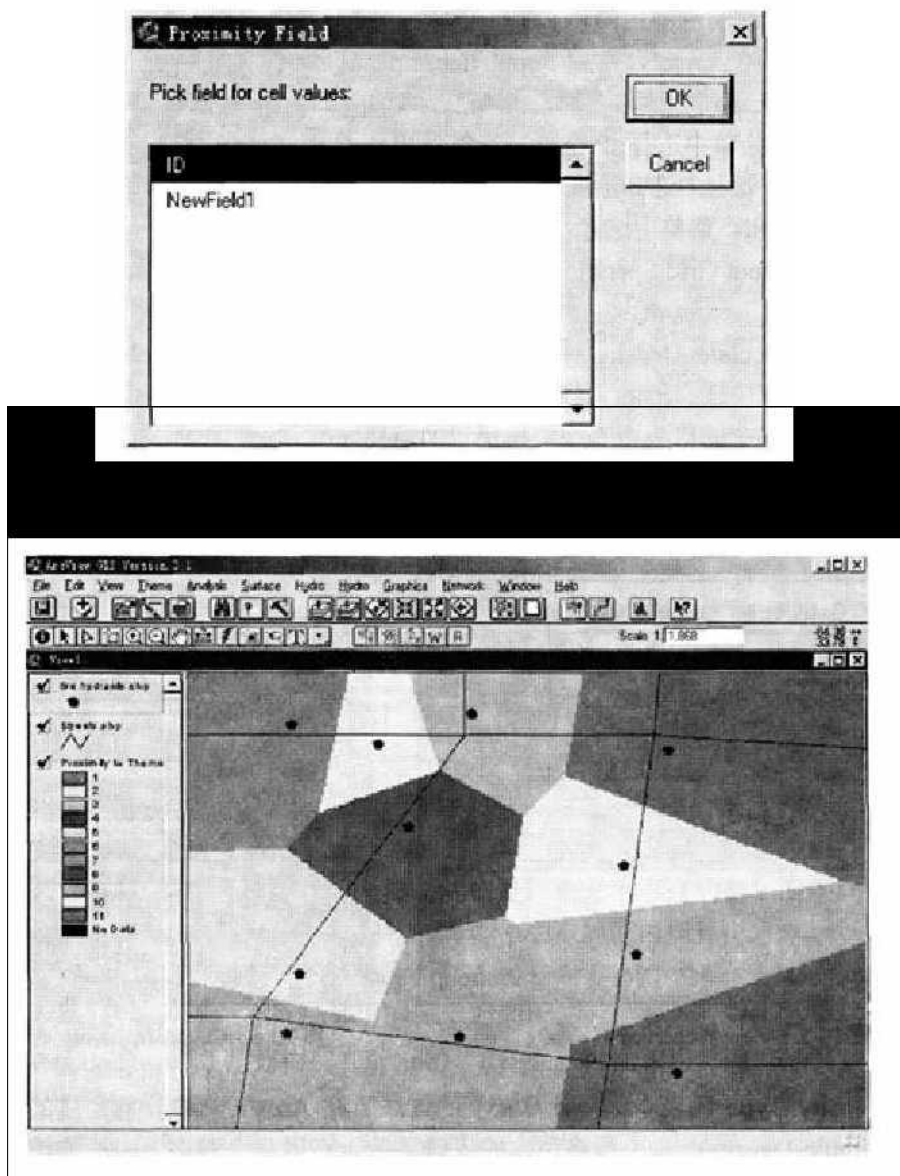


图 10-4　每个消防水管的服务区域显示

第二节　密 度 功 能

1. 密度功能（Density Function）

主要根据输入的点要素的分布，计算整个区域的数据分布状况，从而产生一个连续的表面。它的主要应用有：① 制作人口密度图；② 计算城镇密度分布状况；③ 根据河流交叉口的分布制作河网密度图。

例如：制作一个地区的人口密度图：

A．创建一个新的空的视图；

B．添加各居民点人口数主题 Population.shp（在本例中，每个居民点位置被定位于居住区域的中心点）；

C. 在<View>菜单中选择<Properties>命令,出现 View Properties 对话框，从 Map Units 和 Distances Units 列表中选择地图单位和距离单位（图 10-5）；

D．在<Analysis>菜单中选择<Calculate Density>命令。

在弹出的 Output Grid Specification 对话框中设定输出主题的范围、栅格单元大小及行列数。

接着出现 Calculate Density 对话框（图 10-6），在 Population Field 列表中选择计算密度的字段，本例中选择 pop(人口数)；在 Search Radius 填写框中输入搜索半径值。搜索半径决定了以每个栅格为中心搜索居民点的距离。

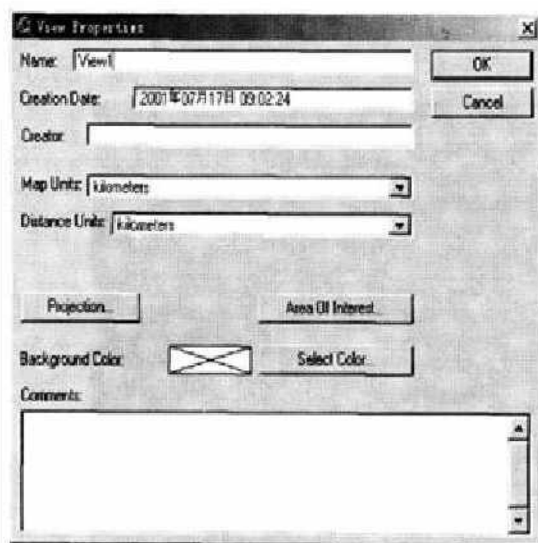


图 10-5　View Properties 对话框

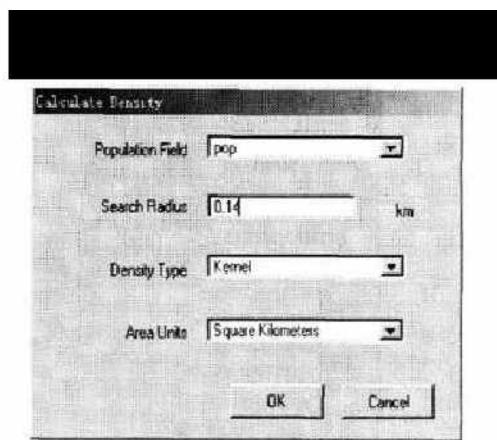


图 10-6　Calculate density 对话框

在 Density Type 列表中选择计算密度的方法。在 ArcView 中计算密度的方法有两种：① Simple-Density：每个栅格包含的人口数等于在以每个栅格为中心的搜索半径内的所有居民点的人口数的和除以搜索范围的面积；② Kernel-Density：方法与 Simple 相同，但以每个居民点为中心。

在 Area Unit 列表中选择面积单位。若事先没有设定输出主题的地图单位，在 Area Unit 列表中只有 Square Map Units 一项可以选择。若已确定了地图单位,则在 Area Unit 列表中就有多项面积单位可以选择。例如：Square Miles（平方英里），Square Kilometers（平方公里），Acres（英亩），Hectares（公顷），Square Yards（平方码），Square Feet（平方英尺），Square Inches（平方英寸），Square Meters（平方米），Square Centimeters（平方厘米），Square Millimeters（平方毫米）等。

E．然后单击 OK，就会输出本区域的人口密度图 Density from Population.shp（图 10-7）。

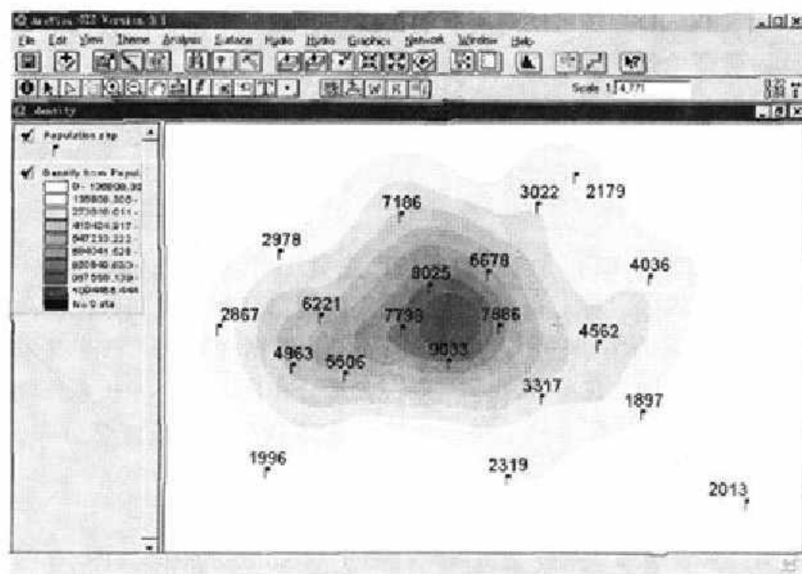


图 10-7　采用 Kernel 方法制作的人口密度图

第三节　表 面 功 能

Surface Functions 是采用抽象的表面（Surface）来表示连续分布的空间现象,表面中的每一个栅格的值表示为 $z=f(x, y)$，z 值可以是高程值、浓度值或应用领域的其他量值，例如：污染、噪音等。在表面中，每个栅格的值是该单元中心点的值，而在同一栅格中其他位置的值则可以由该栅格中心点和相邻栅格中心点的值内插算出。

在 ArcView 中，有两种类型的 Surface Function：一种是创建表面 Surface Interpolators, 通过输入的样点数据产生一个连续的表面，主要的内插方法有：权重距离递减（Inverse Distance Weighted)、样条函数内插（Spline)、Kriging 内插和趋势面内插（Trend)。另一种是表面分析 Surface Analysis，主要对连续的栅格数据进行计算，从而对表面采用不同的表示法或提取在原表面中不太明显的模式。

权重距离递减（Inverse Distance Weighted)：该方法假设每个采样点有一个局部影响，此影响随着采样点到要素距离的增大而减少，距要素较近的点具有相对较大的权重。例如：分析某一零售商店对消费者购买力的影响，居住较远的人们购买力受到的影响较小，因为人们更愿意在离家近的地方购物。

样条函数内插（Spline)：此方法的用途非常广泛，通过所有的采样点建立一个数学函数，从而产生一个曲率最小的表面。此方法适合于内插变化平缓的表面，如：高程、地下水位高度、污染浓度等。

Kriging 内插：这是一种专用的内插方法，它假定采样点之间的距离或方向表现出一定的空间相关性，这种相关性将有助于描述表面。Kriging 内插通过对一定数量或一定半径内的所有点满足一个数学函数来确定某个输出点的值。如果知道数据的空间相关距离和方向的偏移量时，最适合使用此种方法。它经常用于土壤学和地质学。

趋势面内插（Trend）：该算法对所有的采样点建立一个特定次数的多项式的数学函数，在计算此函数产生结果表面时，Trend 采用最小二乘法进行拟合，从而使结果表面与采样点值之间的差异最小化，即所有输入样点的实际值与估计值之差的平方和越小越好。

1．创建表面（Surface-create Functions）

根据采样点数据的分布，用内插的方法产生整个研究区域内每个点（栅格）的数据，形成一个连续的表面。样点可以是随机采集或规律分布的空间数据，例如：高度、浓度或其他的量值。它的主要应用可列举如下：① 根据样点值，产生某农业区农作物产量分布图、土壤有机质含量分布图、氮磷钾含量分布图，从而分析农作物产量与土壤肥力的关系；② 根据森林有机质含量样点值，生成森林有机质含量分布图；③ 通过地下水位高度样点值，制作一个城市的地下水位分布图。

例如：制作某农业区的土壤有机质含量分布图的步骤如下：

A．在视图目录表中添加并激活土壤采样点主题 Soilsamp.shp（图 10-8）；

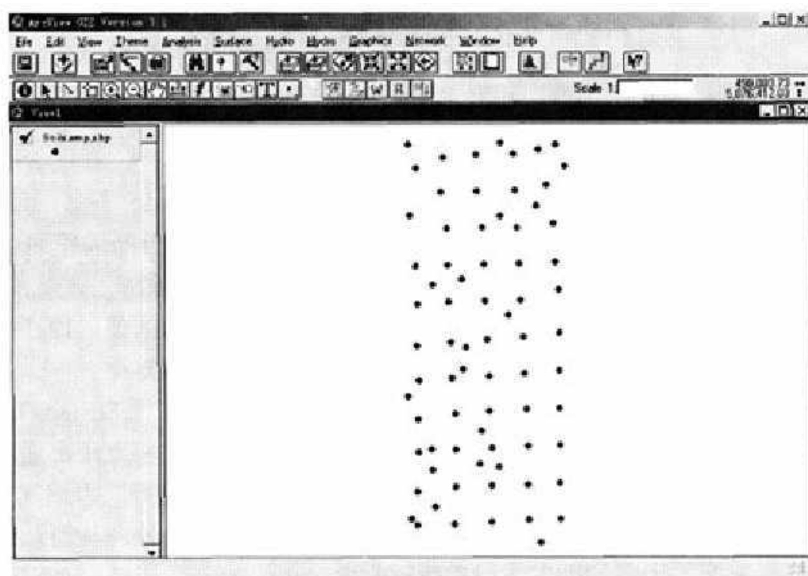


图 10-8　土壤样点主题

B．从<Surface>菜单中选择<Interpolate Grid>命令；

C．在出现的 Output Grid Specification 对话框中设定输出主题的范围、栅格单元大小及栅格行、列数；

D．在接下来出现的 Interpolate Surface 对话框中，从 Method 列表中选择 Spline（注意：在菜单中只有 IDW 和 Spline 两种内插方法可以选择）。在 Z Value Field 列表中选择 organic matter（土壤有机质）字段，单击 OK；

E．生成新的栅格主题 Surface from Soilsamp.shp（图 10-9）。

输出的栅格主题是对实际的土壤有机质含量分布状况的最佳估计。根据现象以及样点的分布状况可以选择不同的内插方法创建表面。但是，无论采用哪种内插方法，采

样区域越大，采样点越多，生成的表面精度越高。

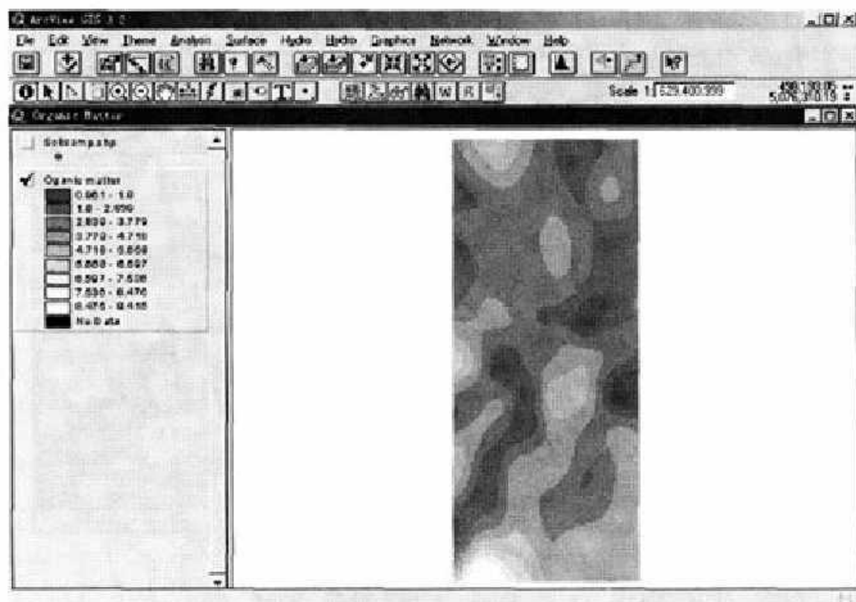


图 10-9 内插的土壤有机质含量分布图

2. 表面分析（Surface-analysis Functions）

对现有的表面进行一些特定的运算，生成新的数据和识别模式，从而提取更多的信息。Surface-analysis Functions 应用非常广泛，例如在高程栅格数据的基础上，可直接提取坡向、坡度、等高线等地形分析因子。

1）坡向（Aspect）

坡向定义为坡面法线在水平面上的投影与正北方向的夹角。在 ArcView 中 Aspect 表示每个栅格与它相邻的栅格之间沿坡面向下最陡的方向。在输出的坡向数据中，坡向值有如下规定：正北方向为 0°，正东方向为 90°，以此类推。它的应用有：① 在一个区域内提取所有朝北的坡面，为房地产建设选址提供最佳位置；② 计算研究区域内的每一点的太阳光照量，从而测定每一点的生物量。

坡向可在数字高程模型 DEM 或 TIN 数据的基础上提取。在 DEM 基础上提取坡向的步骤如下：

A．在视图目录表中添加 dem 并激活它；

B．从<Surface>菜单中选择<Derive Aspect>命令；

C．显示并激活生成的坡向主题 Aspect of DEM（图 10-10）。

在 DEM 或 TIN 的面主题中坡度为 0° (平地)的栅格在输出的坡向主题中被赋值为-1，如果围绕中心栅格的任何相邻栅格是 No Data 数据，它们将被赋予中心栅格的值，然后计算坡向。在坡向主题的图例中显示了八种主要方向，例如：东[67.5°～112.5°]，东南[112.5°～157.5°]。

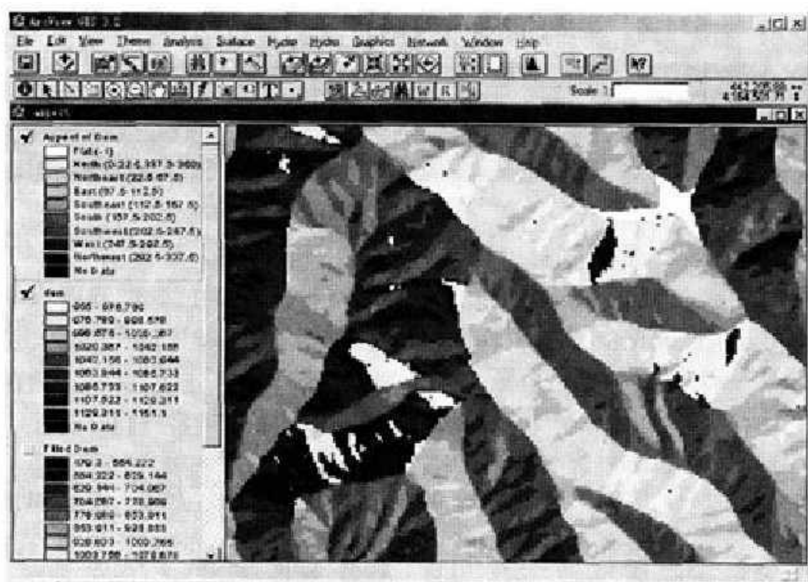


图 10-10　提取坡向

2）坡度（Slope）

地面上某点的坡度表示了地表在该点的倾斜程度，坡度定义为水平面与地形面之间的夹角。在 ArcView 中 Slope 确定了中心栅格与四周相邻栅格高程值的最大变化率。在输出的坡度数据中，坡度有两种计算方式：① 坡度(Degree of slope)：即水平面与地形面之间的夹角；② 坡度百分比（Percent Slope）：即高程增量（Rise）与水平增量（Run）之比的百分数（图 10-11）。

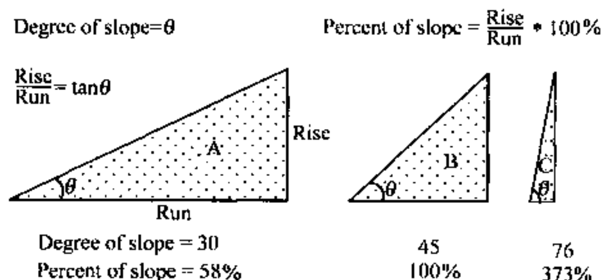


图 10-11　坡度的两种计算方法

坡度与坡向的计算通常在 3×3 的 DEM 栅格窗口（图 10-12）中进行，对 3×3 栅格的高程值采用一个几何平面来拟合，中心栅格 e 的坡向即此平面的方向，其坡度值采用平均最大值方法（Burrough, P. A., 1986）来计算。窗口在 DEM 数字矩阵中连续移动后完成整个区域的计算工作。

```
a b c
d e f
g h I
```

图 10-12　3×3 的窗口计算中心栅格的坡度

在 3×3 的 DEM 栅格窗口中，如果中心栅格是 No Data 数据,则此栅格的坡度值也是 No Data 数据；

如果相邻的任何栅格是 No Data 数据，它们则被赋予中心栅格的值再计算坡度值。坡度值的范围是 0°~ 90°。

坡度的应用非常广泛，例如：① 根据坡度起伏变化，确定崩塌、泥石流区域或严重的土壤侵蚀区，作为灾害防治与水土保持工作的基础；② 提取平坦区域，为大型商业中心或房屋建筑选址。

坡度可在 DEM 或 TIN 的基础上提取。若采用 TIN 数据提取坡度，首先应在 Output Grid Specification 对话框（图 10-13）中确定输出坡度栅格的范围、栅格单元的大小及栅格的行、列数。

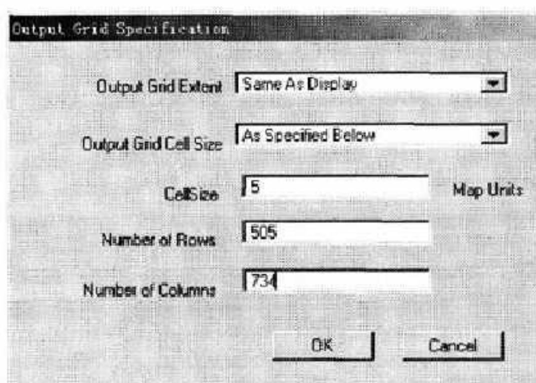


图 10-13　Output Grid Specification 对话框

采用 DEM 数据提取坡度的步骤如下：

A. 添加 DEM 数据并激活它；

B. 从<Surface>菜单中选择<Derive Slope>命令；

C. 生成新的坡度主题 Slope of DEM；

D. 双击左边的图例，在弹出的 Legend Editor 对话框中可重新调整坡度分级（图 10-14）。



图 10-14　提取坡度

3）等值线（Contours）

在 ArcView 中利用 Contours 可以生成一个新的线主题，每条线表示了具有相同高度、数量或者浓度的连续的位置的集合。生成的等值线经过平滑处理，真实地再现了表面等值线。

采用 Contours 可以提取等高线、等温线、等降水量线等等，最常用的是在 DEM 或 TIN 数据的基础上生成等高线。等高线是地面上高程相同的各点连成的闭合曲线。根据等高线图形，可以判读地貌形态特征，量算各点的高程、坡向和坡度。

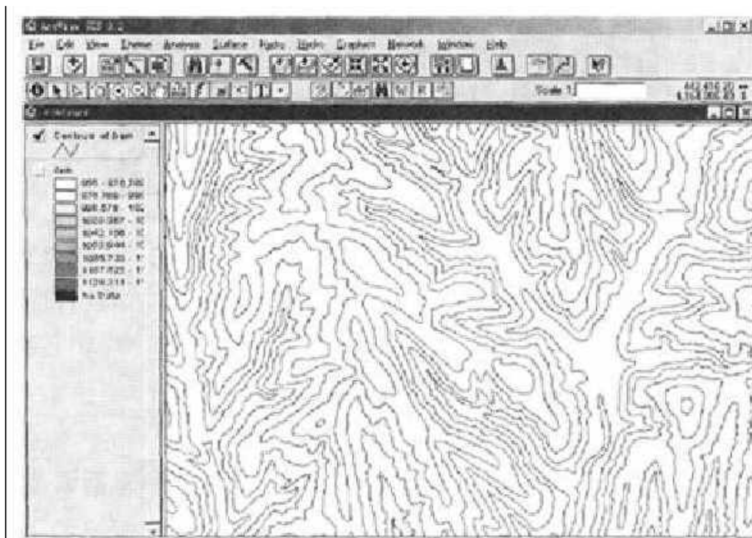
生成等高线的步骤如下：

A．在视图目录表中添加 DEM 并激活它；

B．从<Surface>菜单中选择<Create Contours>命令；

C．在出现的 Contours Parameters 对话框中输入等高距 Contour Interval 和基础等高线的值 Base Contours；

D．生成等高线主题 Contours of DEM（图 10-15）。



采用工具 

A．激活 DEM，单击按钮；

B．在 DEM 中点击选定的位置，视图上即描绘出一条通过所选点位代表所选点值大小的等高线，其高程值显示在窗口的左下角的状态栏中（图 10-16）。

创建一个新的线主题，可直接在其上生成等值线，其步骤如下：

A．从<View>菜单中选择<New Theme>命令；

B．在 New Theme 对话框中选择 Line 为 Feature Type，创建一个线主题 Contour.shp；

C．激活提取等高线的 DEM 或 TIN 主题；

D．单击按钮，在 DEM 或 TIN 中点击选定的位置，即描绘出一条等高线（图 10-17）。

提取的等高线位于新的线主题 Contour.shp 中，同时它的属性表中添加一个字段

Contour 记录其高程值。如果要停止提取等高线，激活新的线主题，从<Theme>菜单中选择<Stop Editing>命令,当被提示保存与否时，单击 Yes 即可保存属性信息。

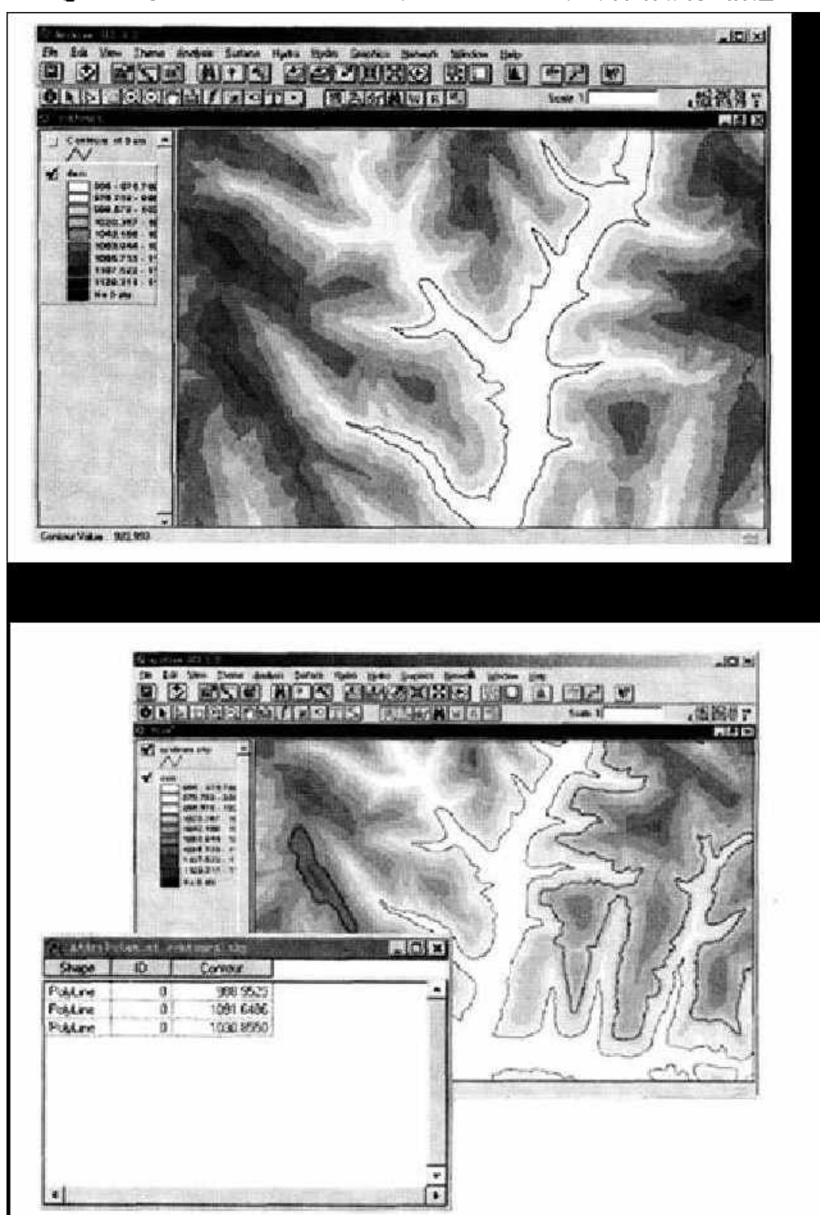


图 10-17　在新创建的线主题上提取等高线

4）山体阴影（Hillshade）

分析或模拟地面的光照情况，产生地形表面的阴影图。Hillshade 可测定研究区域中给定位置的太阳光强度和光照时间，并且对实际地面进行逼真的立体显示，增强地面的起伏感。它的应用有：① 对地形起伏进行生动的表示，从而显示不同土地利用类型在地形上的分布情况；② 研究阳光的照射位置与公路上发生的车祸事件发生率之间的相关性。

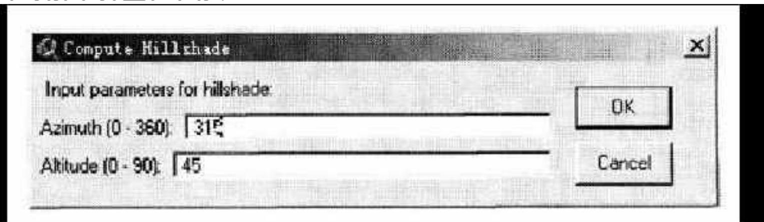
Hillshade 采用 DEM 或 TIN 数据计算，在 DEM 基础上计算 Hillshade 的步骤如下：

A．在视图目录表中激活 DEM；

B．从<Surface>菜单中选择<Compute Hillshade>命令；

C．在 Compute Hillshade 对话框（图 10-18）中，输入计算 Hillshade 的参数值。

图 10-18 中，方位角 Azimuth 指确定太阳光入射的方向，以正北方向为 0°，顺时针方向旋转，方位角的取值范围为 0°~ 360°。



太阳高 头顶垂直方向，太阳高

D．生

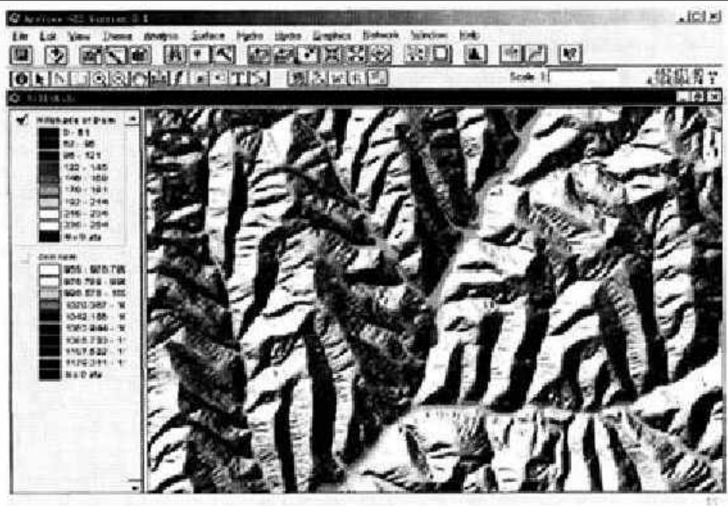


图 10-19　生成山体阴影图

除了地形表面，各种以栅格或 TIN 表示的要素均可以采用 Hillshade 生动表示，通过改变方位角和太阳高度角可以得到不同的表示效果。

第四节　可视性分析

可视性分析实质上属于对地形进行最优化处理的范畴。例如：设置雷达站、电视台的发射站、道路选择、航海导航等、军事上的布设阵地（炮兵阵地、电子对抗阵地）、设置观察哨所、铺架通信线路等。

Visibility Function 有两种类型：一种是通视性分析 Line of Sight，通过此功能可以显示两点之间的通视情况，从而判断从一个观察点是否可以看到目标物，回答了“从这里我可以看到它吗？”的问题。另一种是可视区分析 Viewshed Analysis，确定了从一个或多个观察点可以观测到的区域，回答了“从这里我可以看到什么？”的问题。

判断两点之间的通视性的算法有两种。

比较常见的一种算法基本思路如下：① 确定过观察点和目标点所在的线段与 *xy* 平面垂直的平面 S；② 求出地形模型中与 S 相交的所有边；③ 判断相交的边是否位于观察点和目标点所在的线段之上，如果有一条边在其上，则观察点和目标点不可视。

另一种算法是 “射线追踪法”。这种算法的基本思想是对于给定的观察点 V 和某个观察方向，从观察点 V 开始沿着观察方向计算地形模型中与射线相交的第一个面元，如果这个面元存在，则不再计算。这种方法既可用于判断两点相互间是否可视，又可以用于限定区域的水平可视计算。

以上两种算法对于基于栅格的地形模型和基于 TIN 模型的通视性分析都适用。

对于线状地物和面状地物，则需要确定通视部分和不通视部分的边界。

1．通视性分析（Line of Sight）

在 ArcView 中，进行通视性分析有两个具体操作。

1）第一种操作

例如：分析某区域内 S 与 P 两点间的通视情况（图 10-20）。

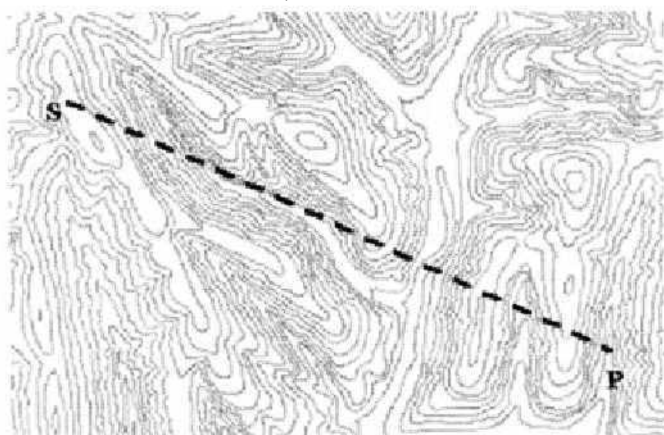


图 10-20　地形及 S、P 两点位置

A．创建一个新的空视图；

B．添加 DEM 或 TIN 主题作为通视性分析的地形表面并激活它；

C．从工具栏选择 Line of Sight 工具；

D．在出现的 Line of Sight 对话框中输入观察者 Observer 与目标物 Target 距地面的距离（图 10-21），单击 OK；

E．按住鼠标左键，屏幕上将会出现十字光标，将光标从观察点 S 移向目标点 P，然后释放光标。在观察点到目标点之间将会出现一条视线，其中可视的部分为浅色，不

可视的部分为深色。并且，在 ArcView 窗口底部的状态栏显示了从观察点到目标点是否可视。若不可视，在视线上将会用圆点表示第一个障碍物的位置，它的 xy 坐标将会在状态栏显示（图 10-22）。

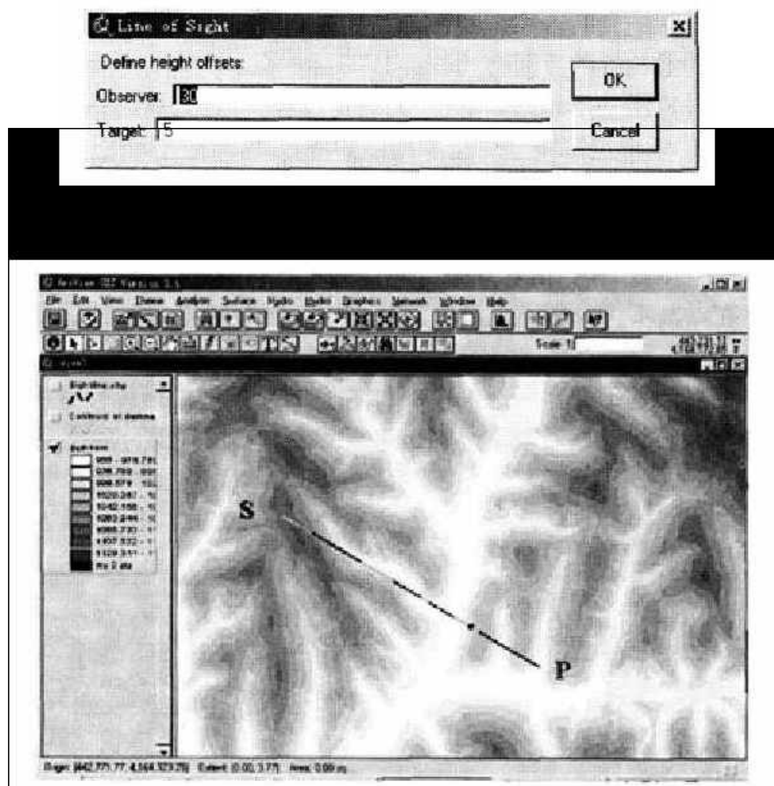


图 10-22　S、P 两点间通视情况示意

2）第二种操作

A．从<File>菜单中选择<Extensions>命令；

B．在 Extensions 的对话框中选择 Visibility Tools 选项（图 10-23）；

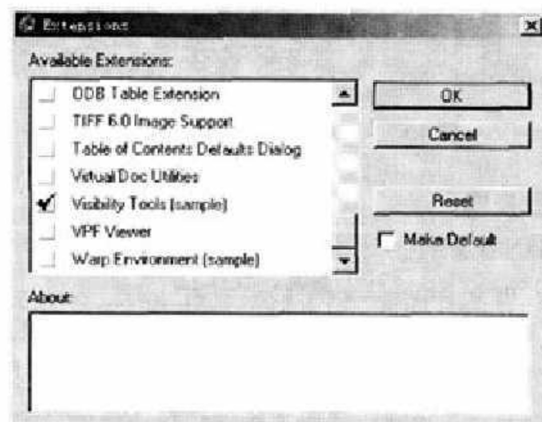


图 10-23　添加 Visibility Tools

C. 在 ArcView 工具条中出现 Line of Sight 工具；

D. 选择此工具，在 Available Grids 对话框中选择栅格主题，例如 DEM 作为通视性分析的地形表面（图 10-24）；

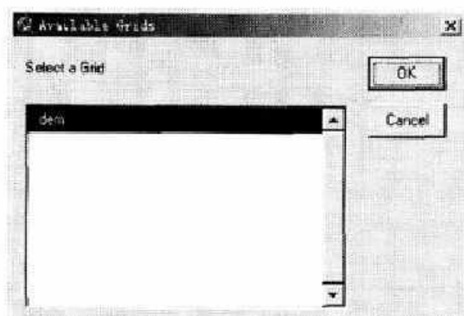


图 10-24 Available Grids 对话框

E. 在出现的 Set Visibility Parameters 对话框中输入观察者与目标物距地面的距离，单击 OK；

F. 按住鼠标左键，将光标从观察点 A 移向目标点 A′，然后释放光标。在观察点到目标点之间将会出现一条视线，其中可视的部分为浅色，不可视的部分为深色（图 10-25）。同时，ArcView 会自动绘出 A—A′ 两点间的通视剖面图（图 10-26）。

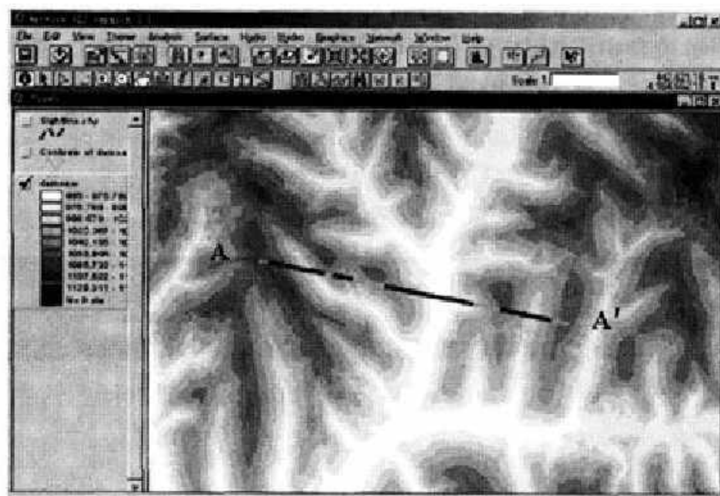


图 10-25 A—A′ 间的通视情况示意

可视区分析基于 DEM 数据或 TIN 数据进行。基于规则格网 DEM 的算法在 GIS 分析中应用较广。在规则格网 DEM 中，可视区经常是以离散的形式表示，即将每个格网点表示为可视或不可视，这就是所谓的“可视矩阵”。

计算基于规则格网 DEM 的可视域，简单的方法就是沿着视线的方向，从视点开始到目标格网点，计算与视线相交的网格单元(边或面)，判断相交的网格单元是否可视，从而确定视点与目标视点之间是否可视。基于 TIN 地形模型的可视区计算一般通过计算地形中单个的三角形面元可视的部分来实现。

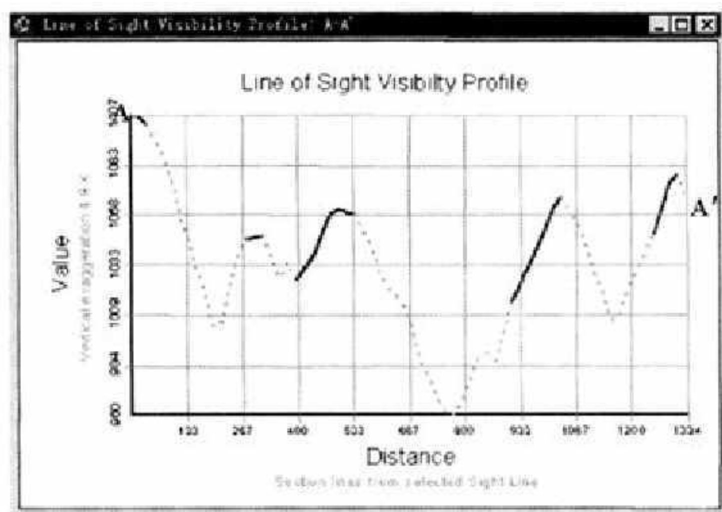


图 10-26　A—A′两点间的通视剖面图

（深色实线条为可视区，浅色虚线为不可视区）

2．可视区分析（Viewshed Analysis）

基于 DEM 的可视区分析的具体操作如下：

A．在视图目录表中添加 DEM 作为可视区分析的地形表面；

B．创建或添加一个点主题 Point.shp 包含观测点；

C．同时激活 DEM 和 Point.shp 主题；

D．从<Surface>菜单中选择<Calculate Viewshed>命令；

E．生成可视区栅格主题 Visibility of Point（图 10-27）。

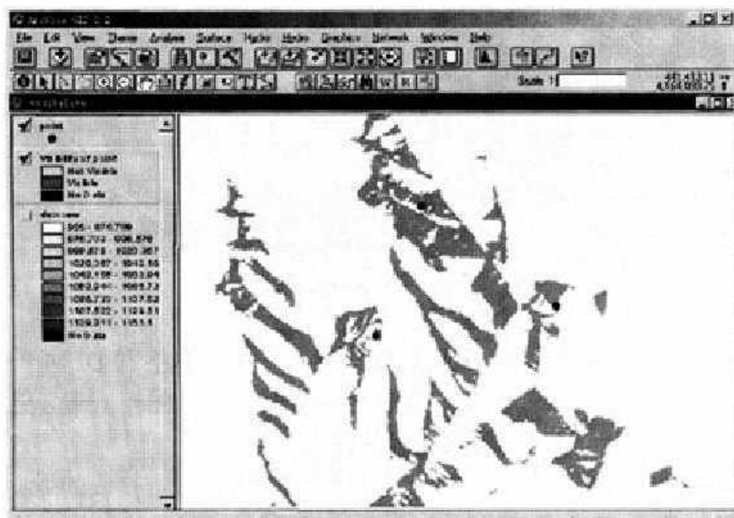


图 10-27　可视区分析

可视区分析不仅显示了在一个区域内从一个或多个观察点可以观察到的区域范围，而且显示了对于一个可视位置，有多少个观察点可以看到此位置。在输出的 Viewshed 数据中，可视的栅格赋值为 1（灰色），不可视的栅格赋值为 0（透明）。

可视性分析最基本的用途可以分为三种：① 可视查询。可视查询主要是指对于给定的地形环境中的目标对象(或区域)，确定从某个观察点观察，该目标对象是可视还是某一部分是可视。可视查询中，与某个目标点相关的只是需要确定该点是否可视即可。对于非点的目标对象，如线状、面状对象，则需要确定对象的某一部分可视或不可视。由此也可以将可视查询分为点状目标可视查询、线状目标可视查询和面状目标可视查询等。② 地形可视结构计算（即可视域的计算）。地形可视结构计算主要是针对环境自身而言，计算对于给定的观察点，地形环境中通视的区域及不通视的区域。地形环境中基本的可视结构就是可视域，它是构成地形模型的点中相对于某个观察点所有通视点的集合。利用这些可视点就可以将地形表面可视的区域表示出来，从而为可视查询提供丰富的信息。③ 水平可视计算。水平可视计算是指对于地形环境给定的边界范围，确定围绕观察点所有射线方向上距离观察点最远的可视点。水平可视计算是地形可视结构计算的一种特殊形式，但它在一些特殊领域中有着广泛的应用，而且需要的存储空间很小。

第五节　统 计 功 能

1．局部统计功能（Local Statistical Function）

在 ArcView 中，有两种类型的局部统计功能，栅格主题之间的（Between-Grid Themes）和相关栅格主题的（Relative-To-Grid Themes）统计。栅格主题之间的局部统计要求输入多个栅格主题来计算输出主题中每一个栅格的统计值。例如：用此功能可以计算某农业区每个栅格 1995~2000 年之间的年平均粮食产量。

相关栅格主题的局部统计要求输入多个栅格主题和一个附加的栅格主题或数字，以便进行比较。例如：在上例中，为了确定哪些区域需要施加更多的化肥，此功能可以提取这五年间粮食产量小于 500 公斤的栅格。

采用栅格主题之间的局部统计功能计算某农业区从 1995~2000 年的年平均小麦产量的步骤如下：

A．在视图目录表中添加五个栅格主题，每个主题代表此农业区每一年的小麦产量，同时激活它们；

B．从<Analysis>菜单中选择<Cell Statistics>命令；

C．在 Cell Statistics 对话框中选择做栅格主题间统计分析的项目 Mean（图 10-28），可以计算的统计项目有：大多数（Majority）、最大值（Maximum）、平均值（Mean）、中值（Median）、最小值（Minimum）、极少数（Minority）、Range（范围）、Standard Deviation（标准差）、Sum（总和）等等；

D．单击 OK，产生本区域年平均小麦产量主题（图 10-29）

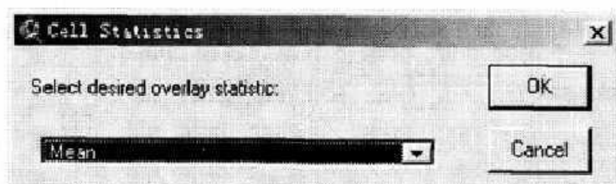


图 10-28 Cell Statistics 对话框

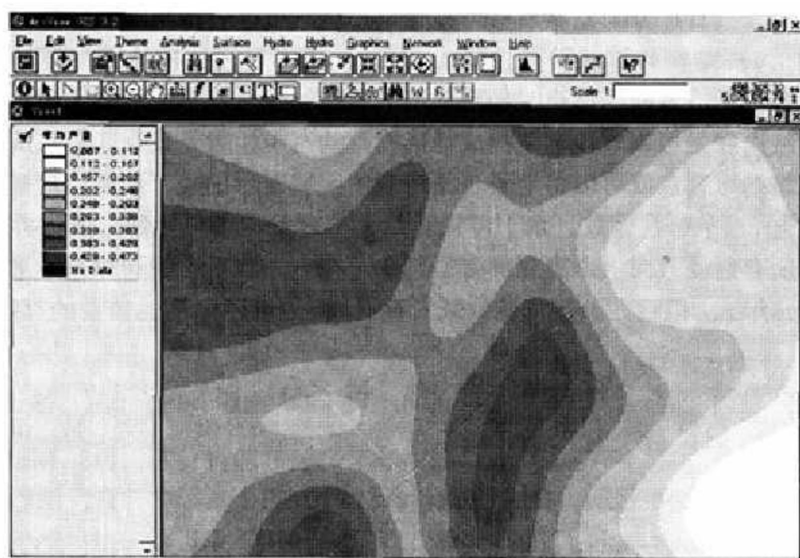


图 10-29 Cell Statistics 计算的年平均小麦产量分布示例

2. 分区功能（Zonal Functions）

Zonal Function 输出一个栅格或表格数据，输出值是输入栅格值的一个函数值以及它们与其他在同一图形区的栅格值的汇总。利用 Zonal Functions 可以对不同土地利用类型区域房屋价格的差异、濒危树种在各森林类型区域的分布状况等问题进行研究。在 ArcView 中 Zonal Functions 有三种类型：分区汇总统计 Summarize Zones；分区直方图分析 Histogram Within Zones；列表分析 Tabulate Areas。

1）分区汇总统计（Summarize Zones）

它的功能是对每个分区内的数据进行汇总统计。Summarize Zones 要求输入两个主题：① 进行汇总统计的数据，数据类型既可是连续型也可是离散型。② 分区数据，用以确定每个栅格属于哪个分区，数据类型必须是离散型。

例如：统计土壤有机质含量与粮食产量的关系。

A．在视图目录表中添加粮食产量分类主题 yield 和土壤有机质含量主题 Organic matter，激活 yield 主题（图 10-30）。粮食产量从高到低分为 5 类，1 表示最高产量区，5 表示最低产量区。

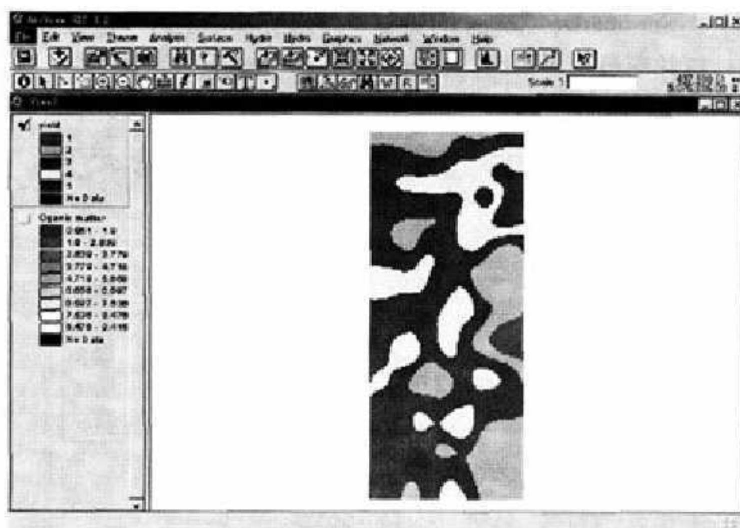
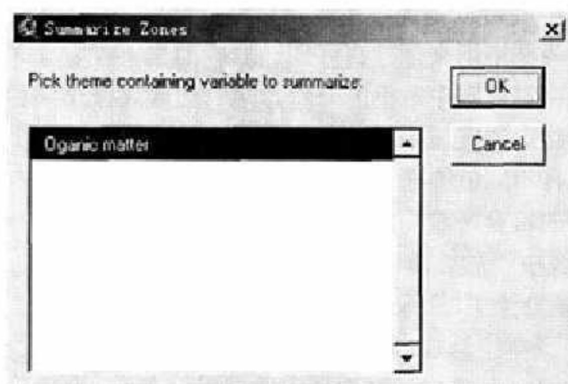


图 10-30　粮食产量分类图

B．从<Analysis>菜单中选择<Summarize Zones>命令。

C．在出现的 Summarize Zones 对话框中选择 Organic matter 做分区汇总统计（图 10-31）。ArcView 产生一个新表格，显示了土壤有机质含量在每个粮食产量区的各种统计结果（图 10-32），主要内容有：面积 Area、最大值 Max、最小值 Min、范围 Range、平均值 Mean、标准差 Std 及总和 Sum 等等。



Value	Count	Area	Min	Max	Range	Mean	Std	Sum	Label
1	341	3069.0000	0.9607	3.3912	2.4305	1.8132	0.5766	618.2986	1
2	3871	34839.0000	1.4094	9.1490	7.7396	3.6153	1.0431	13995.0039	2
3	9855	88695.0000	1.1254	9.4150	8.2896	3.6111	1.0317	35587.5117	3
4	3697	33273.0000	1.9772	5.4910	3.5138	3.5289	0.6071	13046.2764	4
5	506	4554.0000	1.9302	4.0462	2.1160	2.7948	0.6839	1414.1788	5

图 10-32　土壤有机质含量在五个粮食产量区的汇总统计结果

D．在下一个 Summarize Zones 对话框中可选择其中的任一项统计结果以直方图表来表示。例如：统计图显示每个区的有机质含量的平均值（图 10-33），选择 Mean，单击 OK。

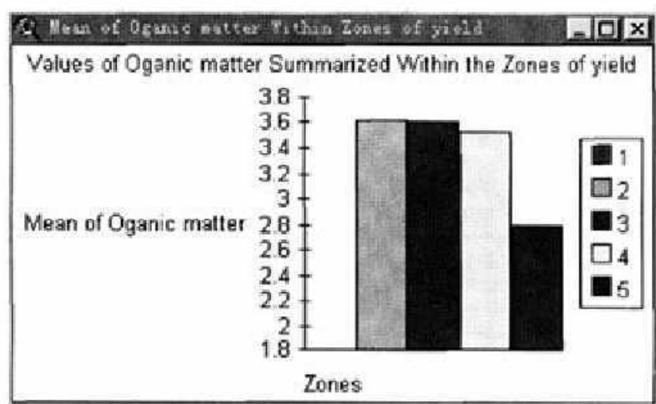


图 10-33　有机物含量与粮食产量关系直方图

从统计图中可以看出，产量最低区的有机质含量较低，中产区有机质含量较高，这表明较高的有机质含量会带来较高的产量。例中的最高产量区有机质含量较低可能是其他因素的影响。

2）分区直方图分析（Histogram Within Zones）

对每个分区内的数据创建直方图。该功能要求输入两个主题：① 用来创建直方图的栅格数据，数据类型既可以是连续型也可以是离散型。② 分区数据，可以利用点、线、面要素来定义哪些栅格用来创建直方图，这些要素不仅定义了分区区域，而且它们的某个属性还定义了在直方图中数据的分组，每一组代表一个属性值。在输出的直方图中显示了由上述要素确定的区域中每类数据的栅格数量。同时，也可以用离散型的栅格数据来定义分区，具有相同值的栅格被划分为一个区。

例如，对上例中的粮食产量与坡向的关系进行统计分析。

A．在视图目录表中添加坡向主题 Aspect of DEM；

B．激活粮食产量分类主题 yield；

C．从<Analysis>菜单中选择<Histogram Within Zones>命令；

D．在 Histogram Within Zones 对话框中选择根据 Value 字段定义分区，单击 OK；

E．在下一对话框中，选择 Aspect of DEM 作为直方图分析的主题（图 10-34），单击 OK；

F．ArcView 输出一个直方图统计图表（图 10-35）。

统计图表显示了粮食产量的高低与坡向之间的关系，可以看出，正南方向并不是高产区，而西、西南方向等有较高的产量，低产量区位于偏北方向。

3）交叉列表统计（Tabulate Areas）

在输入的两个栅格主题间生成一个分区交叉表格。第一个主题的分区类型产生表格中的行；第二个主题的分区类型产生表格的列。结果表格中的每一个数值表示了第一个主题（行主题）中每个分区类型中所包括的第二个主题（列主题）的每个分区类型的

面积。输入的两个主题都必须是惟一值型数据。

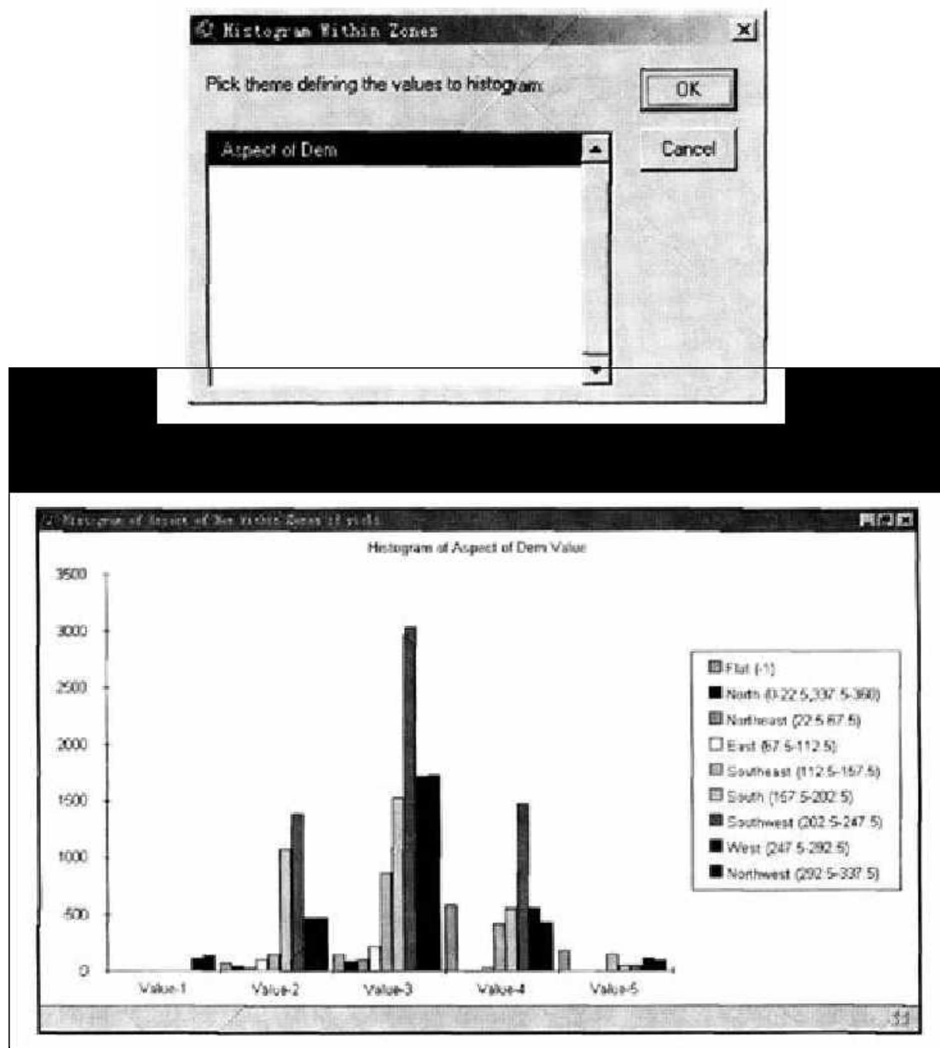


图 10-35 每个产量区的坡向统计直方图

例如：对上例中每个粮食产量区的坡度组成进行统计。

A．添加坡度主题 Slope of DEM 并激活它；

B．从<Analysis>菜单中选择<Reclassify>命令，输入分级数为 5，单击 OK；

C．输出坡度重分类数据 Reclass of Slope of DEM（在此主题中，坡度值按从小到大分为 5 级）；

D．从<Analysis>菜单中选择<Tabulate Areas>命令；

E．在 Tabulate Areas 对话框中选择粮食产量为行主题，Value 值为行字段；坡度重分类数据为列主题，Value 值为列字段，单击 OK（图 10-36）；

F．输出土地产量——坡度交叉列表（图 10-37）。

交叉列表中数据反映了每个粮食产量区每级坡度所占的面积。

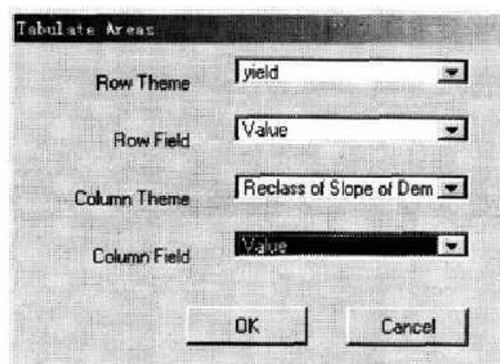


图 10-36　行、列主题的输入

Areas of Reclass of Slope of Dem Tabulated For Each Zone in yield

Value	Value-1	Value-2	Value-3	Value-4	Value-5
1	1242.000	1827.000	0.000	0.000	0.000
2	11880.000	18000.000	3663.000	1035.000	261.000
3	33849.000	45441.000	8127.000	738.000	540.000
4	10800.000	17478.000	2970.000	1467.000	558.000
5	387.000	1215.000	1548.000	927.000	477.000

图 10-37　每个粮食产量区坡度组成统计表

第六节　选择、数学运算功能

1. 选择功能（Map Query）

选择功能可以从输入的栅格主题中选择和提取出一个栅格单元的子集，并通过 Map Query 命令创建逻辑运算表达式来提取子集，达到对空间数据进行查询的目的。满足表达式标准的栅格被赋值为 1，而其他单元则被赋值为 0。Map Query 在空间分析中有着非常广泛的应用，例如：提取一个距水源地 2 000 米以内的区域；显示某区域所有坡面朝北的地形，为房屋建设选择最佳地址等等。

在 Map Query 对话框中有以下几个选项：

（1）Layers：列出了本视图包含的所有栅格主题，双击需要查询的主题将其添加到表达式输入框中。

（2）Operator：在 Map Query 中运用以下逻辑运算符创建各主题及数据之间的表达式。

- 等于（equals）
- 大于（more than）
- 小于（less than）
- 不等于（no equal to）
- 大于或等于

小于或等于

包含在圆括号中的表达式首先计算

逻辑运算中的“并”，表示参与的两个表达式均成立，例如：[elevation] >= 100 and e] <= 20

逻辑运算中的“或”，参与的两个表达式中至少有一个成立，例如：[rainfall] < 20 oils] > 3

逻辑运算中的“非”，排除，例如：not ([cities] = "shanghai")

单击所需的运算符将其添加到表达式对话框中。

（3）Values：在 Values 列表中列出了所选主题的值。如果所选主题是离散型数据，列表中将会列出其值；如果所选主题是连续型数据，列表中将会列出数据值范围内的样点值。双击所需值将其添加到表达式对话框中，如果所需值不在列表中，从键盘输入。

（4）Update Values：在缺省状态下 ArcView 会选中此项，Values 列表中的值可自动更新。如果不需要更新数据或是从键盘向表达式对话框中输入数据，可不选此项。

（5）Expression box：在此输入框内构建查询表达式。

这里以在黄土丘陵沟壑区提取坡度≥25° 的区域为例说明其具体操作：

A．激活本地区坡度主题 Slope of DEM；

B．从<Analysis>菜单中选择<Map Query>命令；

C．出现 Map Query1 对话框，在 Layers 列表中双击 Slope of DEM 将其添加到表达式输入框中,再单击“>=”按钮将其添加到表达式中；

D．在表达式中输入 25，完成查询表达式。在缺省状态下，查询表达式包含在圆括号“( )”内；

E．单

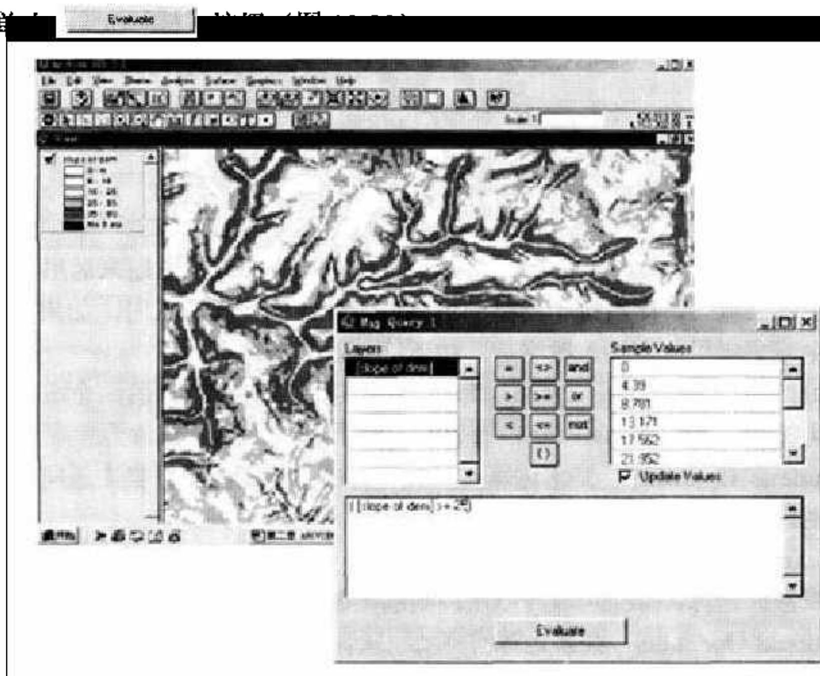


图 10-38　在 Map Query 对话框中构建查询表达式

F．输出的栅格主题缺省名为 Map Query1，此主题中显示了坡度≥25° 的区域（图 10-39）。

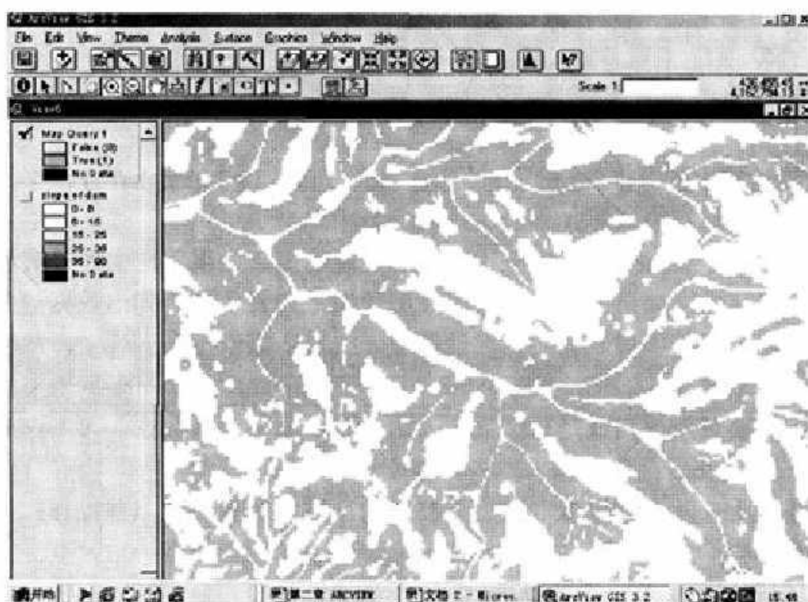


图 10-39　Map Query 提取的坡度≥25° 的区域

2．数学运算功能（Map Calculator）

数学运算功能主要运用数学运算符或数学函数。数学运算符对两个或多个栅格主题的值进行运算，数学函数对输入的一个栅格主题的值运用一个数学函数进行运算。Map Calculator 应用非常广泛，能够解决各种类型的问题，尤其重要的是它是建立复杂的应用数学模型的基本模块。

Map Calculator 对话框中有以下几项：

（1）Layers：与 Map query 中的 Layers 含义相同。

Numbers　　数字按键区，数字可以作为具有相同值的栅格主题来运用。例如：对输入的栅格主题乘以 3，即对每个栅格的值乘以 3。在创建表达式时，如果要以某个数字作为栅格主题来应用，在输入数字后，按下 AsGrid 键即可。

（2）Arithmetic Operators：数学运算符，用数学运算符对输入的两个或多个栅格主题的值进行运算。在 Map Calculator 中有以下三种类型：

- Arithmetic Operators：算术运算符（*, /,-, +），可在两个栅格主题间、数字间或数与对栅格主题间进行加、减、乘、除运算。
- Boolean Operators：布尔运算符（And, Not, Or, and Xor），对输入主题值进行布尔逻辑（真或假）运算。如果为真 TRUE，则输出的栅格赋值为 1，否则赋值为 0。
- Relational Operators：关系运算符（<, <=, <>, =, >, >= ），运算判断一个给定的关系条件。如果条件成立，则输出的栅格赋值为 1，如果不成立，则赋值为 0。

（3）Methematic Functions：数学函数，在 Map calculator 中有四种类型的数学函数：

对数函数 Logarithms、算术函数 Arithmetic、三角函数 Trigonometry 和幂函数 Powers。

- Logarithm：对输入的数据进行指数和对数运算。可用的指数运算的底可为：e（Exp）、10（Exp10）、2（Exp2），可用的对数运算有：自然对数（Log）、以 10 为底的对数（Log10）和以 2 为底的对数（Log2）。
- Arithmetic：共有六个算术函数：Abs 函数对输入的栅格数据值取绝对值；Ceil 和 Floor 为取整函数，将十进制小数取为整数；Int 和 Float 函数在整型和浮点型数据之间相互转换；IsNull 函数，如果输入数据值是 No Data，则该函数返回值为 1，若不是，则返回值为 0。
- Trigonometric：对输入的栅格数据进行各种三角函数和反三角函数运算。在 ArcView 菜单中有六个函数：Sin、Cos、Tan、Asin、Acos、Atan。
- Power 有三个幂函数：Sqrt（平方根）、Sqr（平方）、Pow（幂）。

（4）Expression box：在此对话框内创建运算表达式。在缺省状态下，表达式的计算顺序为：首先计算包含在“()”的算式，然后从左到右计算，最后整个运算表达式包含在圆括号“()”内。

以研究黄土丘陵地区某一地区耕地的坡度组成为例，提取耕地坡度分布数据的具体操作如下：

A．添加耕地主题 GengDi 和坡度主题 Slope of DEM；

B．从<Analysis>菜单中选择<Map Calculator>命令；

C．在 Map Calculation1 对话框中构建表达式（图 10-40），使 GengDi 主题与 Slope of DEM 主题相乘；

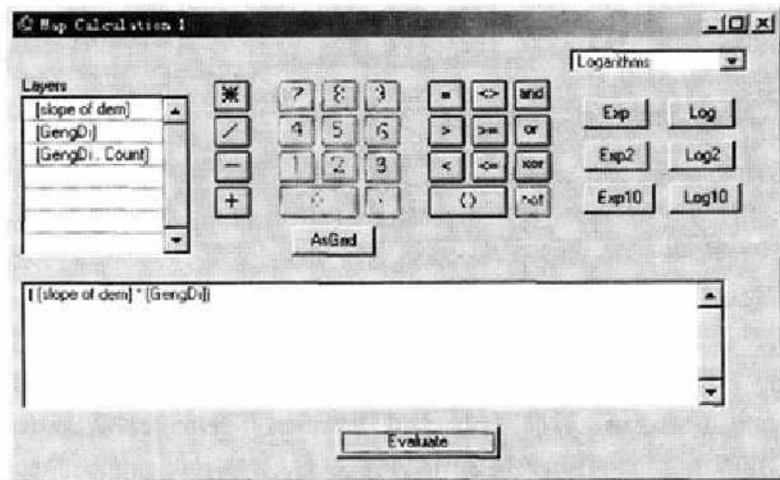


图 10-40　Map Calculation 对话框

D．单击 Evaluate 按钮。

输出的栅格主题缺省名为 Map Calculation1，即为所要提取的区域（图 10-41）。

如果要修改 Map Calculator 输出的主题，步骤如下：

A．激活由 Map Calculator 生成的主题，如上例的 Map Calculation1；

B．从<Theme>菜单中选择<Edit Theme Expression>命令；

C．在出现的 Map Calculator1 对话框中修改运算表达式；

D．单击 [Evaluate] 按钮，原来的主题随之被修改。



图 10-41　Map Calculation 提取的耕地坡度组成

第七节　邻域分析、重分类功能

1．邻域分析（Neighborhood Statistics）

邻域分析功能对输入的点主题中的点要素或栅格主题中的栅格在特定的邻域范围内进行某种统计计算，在计算中使用了邻域范围内所有的点或栅格的值。Neighborhood Statistics 应用例举如下：① 模拟森林火灾区火势的蔓延趋势。② 模拟污水从排污口排入河流后的扩散趋势。③ 公路沿线生态环境评价。

输出主题表示了每个点或中心处理栅格在邻域范围内的统计计算值。主要内容有：大多数 Majority、较少数 Minority、最大值 Maximum、最小值 Minimum、范围 Range、平均值 Mean、中值 Median、标准差 Standard Deviation 和 Sum 及种类 Variety。

对点主题作邻域分析，首先必须选中点要素，否则，Neighborhood Statistics 将对主题中所有的点进行分析。

Neighborhood statistics 的操作方法如下：

A．从视图目录表中激活点主题；

B．从<Analysis>菜单中选择<Neighborhood Statistics>命令；

C．在出现的 Output Grid Specification 对话框中，确定输出主题的范围、输出栅格单元的大小及行列数，单击 OK（图 10-42）。

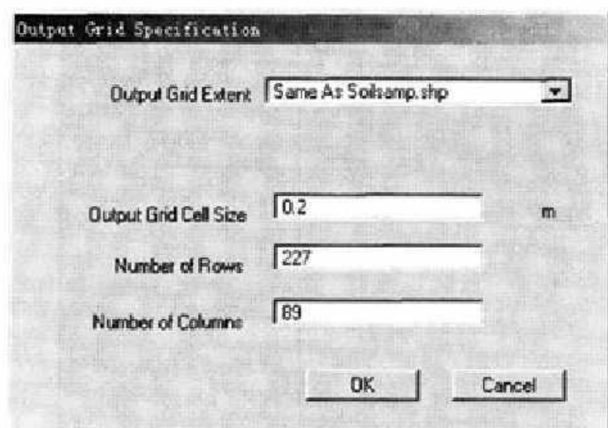


图 10-42　确定输出主题的范围、大小及行列数

如果没有设定输出主题的地图单位，请首先在<View>菜单中选择<Properties>，在 View Properties 对话框中的 Map Units 列表中选定地图单位，例如：meters。那么，输出栅格单元的单位为米（图 10-43）。

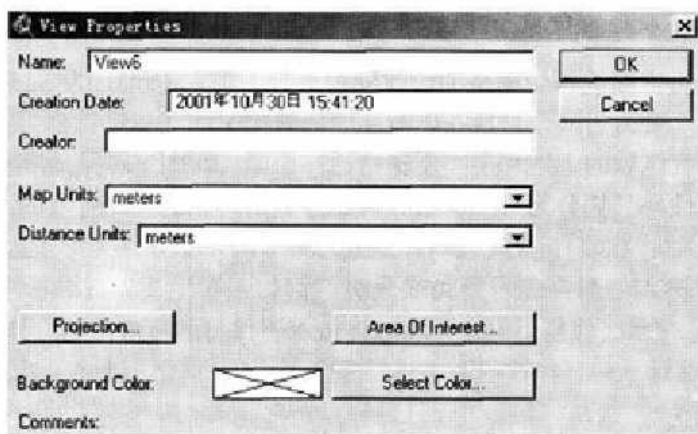


图 10-43　在 View Properties 对话框中设定地图单位

D．出现 Neighborhood Statistics 对话框（图 10-44），在 Field 列表中选择邻域分析字段，在 Statistics 列表中确定统计类型，在 Neighborhood 列表中选择邻域形状。在 ArcView 中有四种类型：① 圆形 Circle；② 矩形 Rectangle；③ 环型 Dough Nut；④ 楔型 Wedge。

设置邻域形状参数：

Circle　半径；Rectangle　宽度、高度；Dough Nut　内半径、外半径；Wedge　半径、起始角度、结束角度。

在 Units 复选框中选择表示邻域范围大小的单位，有两种类型：① Map：即在 View Properties 中定义的地图单位；② Cell：用栅格数表示邻域分析范围的大小。

单击 OK 即可输出邻域分析新主题。

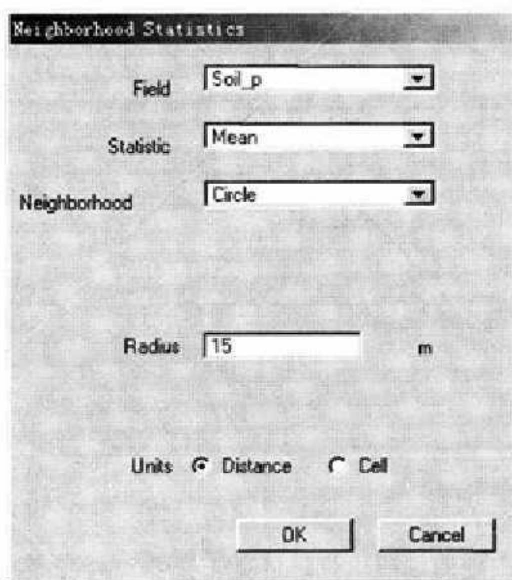


图 10-44 Neighborhood statistics 对话框

2. 重分类功能（Reclassification Function）

重分类将栅格主题的每个栅格的值改变为另外的值，Reclassify 是按照一对一的方式将栅格值从一个变为另一个。现在以对鹿的栖息地生活环境进行分析为例来说明重分类功能。对于研究区域的土地利用类型栅格，每个栅格代表一种土地利用类型，需要根据鹿的生活适宜性将其划分为 1~10 级。重新分类后，越适宜鹿生活的土地类型区级别越高，如森林区可划为第 10 级，人口稀少区为第 5 级，工业区为第 1 级。

应用能够对输入的数据重新分类或分级，例如：在地质地层分析中，将高程数据重新分为 15 级；在水土保持研究中，将坡度按水土保持的标准重新分级等。

Reclassify 可对下列三种数据类型进行重分类：① 离散型数据；② 连续型数据；③ No Data 数据。

下面以对某地区的坡度进行重新分级为例说明对连续分布数据重分类的操作方法：

A．从视图目录表中激活坡度主题 Slope of DEM；

B．从<Analysis>菜单中选择<Reclassify>命令；

C．出现 Reclassify Values 对话框（图 10-45）对话框中包含以下内容：

- Classification Field：在此列表中选择重分类字段，在本例中选择坡度值 Value 为分级字段。
- Classify：单击 Classify... 按钮，在弹出的 Classification 对话框（图 10-46）中选择分级方法、分级数和分级精度等参数。
- Unique：将原数据值转换为 Classification Field 列表中惟一型字段。
- Lookup：将新数据值转换为输入主题属性表中的某一字段，可在 Lookup Values 对话框（图 10-47）中选择此字段作为新数据值。

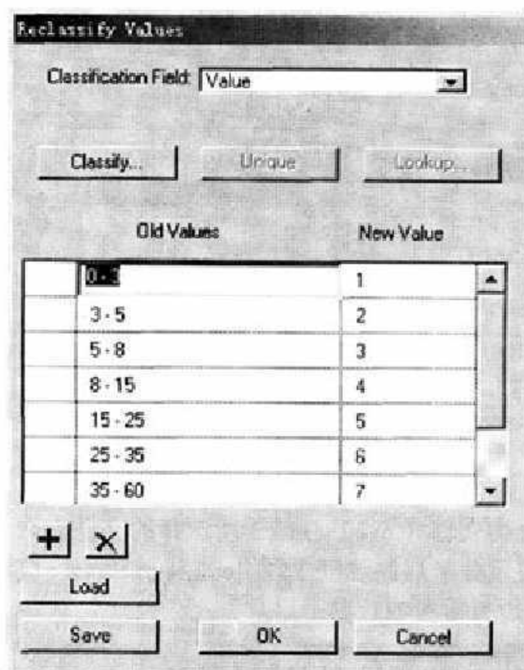


图 10-45 Reclassify Values 对话框

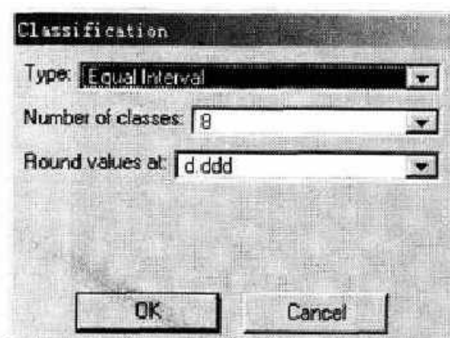


图 10-46 Classification 对话框

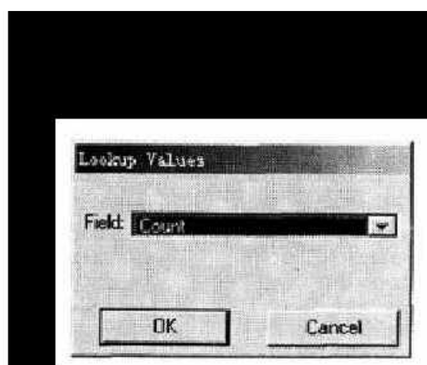
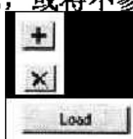


图 10-47 Lookup Values 对话框

以上两个选项只能使用整数型数据。

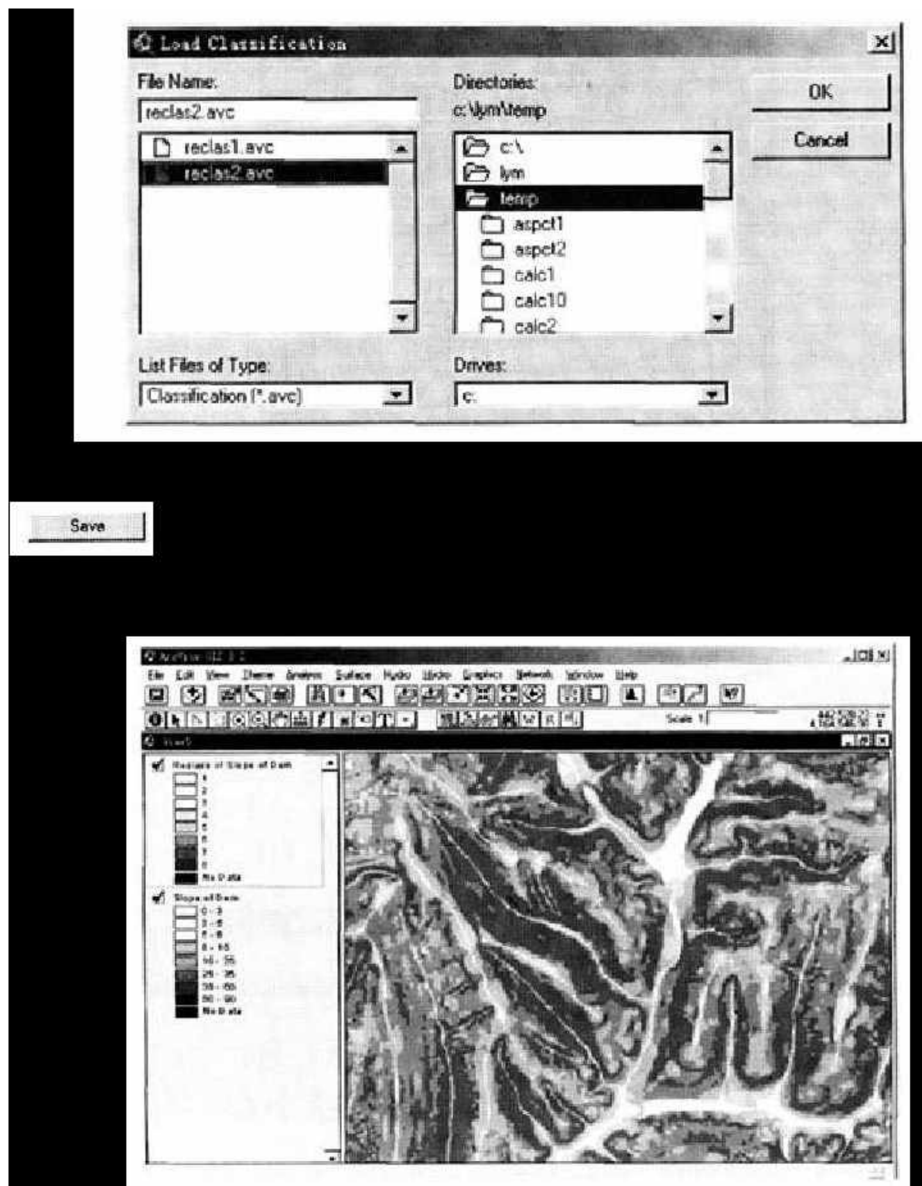
- Old Values：原数据值。
- New Values：重分类后的新数据值，为惟一值型数据或 No Data 型数据，单击其中某一项记录可以选中它并进行修改。在此项中可将 No Data 型数据用惟一值来表示，或将不参与计算的数据值转换成 No Data 型数据。



此按钮，可以在被选中的记录后面增加一项新记录。

此按钮，可以删除被选中的记录。

载入以前存储的重分类文件（.avc），将 Old Values 和 New Values 转换为载入的重分类文件的 Old Values 和 New Values。在 Load Classification 对话框（图 10-48）中可以查找需载入的重分类文件。



49）。

图 10-49　Reclass of Slope of DEM 主题

第八节　水 文 分 析

地形表面决定了水流怎样流经某一地区，空间分析中的水文分析 Hydrologic Functions 提供了这样一个功能用来研究与地表水流有关的地表的物理特性。以高程栅格数据 DEM 作为主要输入数据，采用 Hydrologic Functions 生成集水流域和水流网络数据，并对其影响因子进行量化。Hydrologic Functions 应用于分析洪水水位及泛滥情况，或者划定受污染影响的地区，以及预测当改变某一地区的地貌时对整个地区将造成的后果等。在城市和区域规划、农业及林业等许多领域，Hydrologic Functions 对理解地球表

面的形状具有十分重要的意义。

下面以 DEM 为主要输入数据，对水文分析的主要功能进行介绍。

1. 填充洼地（Fill Sinks）

洼地是指一个栅格或空间上相互联系的栅格的集合，在水流方向栅格主题中其值不能用流向的八个方向值来表示，当周围栅格都高于中心栅格时或者两个栅格互相流入形成循环时会发生这种情况。洼地被认为具有不确定的流向，在流向数据中洼地的值是它的可能的流向值的总和。例如：某栅格沿着最陡的方向，可能流向右边（1）或左边（16）（图 10-51），则此栅格的流向值为 17。

被较高高程区域围绕的洼地是进行水文分析的一大障碍，因此在确定水流方向以前，必须先将洼地填充。有些洼地是在 DEM 生成过程中带来的数据错误，但另外一些却表示了真实的地形如采石场或岩洞等。在 ArcView 中通过 Fill Sinks 功能将洼地填充，使洼地成为水流能够通过的平坦区域。

Fill Sinks 的操作步骤如下：

A．激活视图目录表中的 DEM；

B．从<Hydro>菜单中选择<Fill Sinks>命令；

C．在视图目录表中显示生成的 Filled DEM，即为填充过洼地的 DEM 数据（图 10-50）。

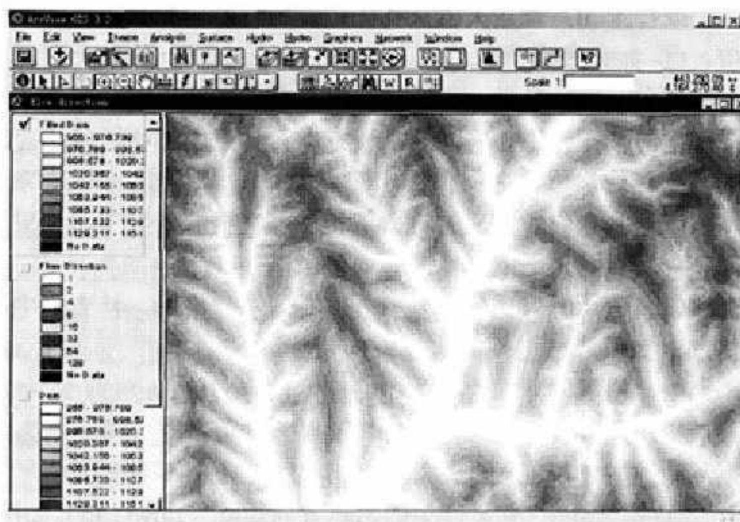


图 10-50　填充洼地后的 DEM 数据

在 Filled DEM 中由于无洼地区域存在，自然流水可以畅通无阻地流至区域地形的边缘。因此，可借助这个无洼地的数字高程模型计算流向和流水积累量。

2. 水流方向计算（Flow Direction）

Flow Direction 是指水流离开每一个栅格单元时的指向。在 ArcView 中通过将栅格单元 x 的 8 个邻域栅格编码，水流方向便可以以其中的某一值来确定，栅格方向编码见图 10-51。

32	64	128
16	x	1
8	4	2

图 10-51 水流流向编码

例如：如果栅格 x 的水流流向左边，则其水流方向被赋值为 16。输出的方向值以 2 的幂值指定是因为存在栅格水流方向不能确定的情况，此时须将数个方向值相加，这样在后续处理中从相加结果便可以确定相加时中心栅格的邻域栅格状况。

水流的流向是通过计算中心栅格与邻域栅格的最大距离权落差来确定的，距离权落差是指中心栅格与邻域栅格的高程差除以两栅格间的距离。栅格间的距离与方向有关，如果邻域栅格对中心栅格的方向值为 2、8、32、128，则栅格间的距离为 2 的开平方根，否则距离为 1。

（1）对所有 DEM 边缘的格网，赋以指向边缘的方向值。这里假定计算区域是另一更大数据区域的一部分。

（2）对所有在第一步中未赋方向值的格网，计算其对 8 个邻域格网的距离权落差值。

（3）确定具有最大落差值的格网，执行以下步骤：① 如果最大落差值小于 0，则赋以负值表明此格网方向未定（这种情况在经洼地填充处理的 DEM 中不会出现）。② 如果最大落差值大于或等于 0，且最大值只有一个，则将对应此最大值的方向值作为中心格网处的方向值。③ 如果最大落差值大于 0，且有一个以上的最大值，则在逻辑上以查表方式确定水流方向。也就是说，如果中心格网在一条边上的三个邻域点有相同的落差，则中间的格网方向被作为中心格网的水流方向；如果中心格网的相对边上有两个邻域格网落差相同，则任选一格网方向作为水流方向。④ 如果最大落差等于 0，且有一个以上的 0 值，则以这些 0 值所对应的方向值相加。在极端情况下，如果 8 个邻域高程值都与中心格网高程值相同，则中心格网方向值赋以 255。

（4）对没有赋以负值，0，1，2，4，…，128 的每一格网，检查对中心格网有最大落差值的邻域格网。如果邻域格网的水流方向值为 1，2，4，…，128，且此方向没有指向中心格网，则以此格网的方向值作为中心格网的方向值。

（5）重复第 4 步，直至没有任何格网能被赋以方向值；对方向值不为 1，2，4，…，128 的格网赋以负值(这种情况在经洼地填充处理的 DEM 中不会出现)。

从 Filled DEM 数据（elevGrid）产生的水流方向矩阵（flowGrid）如图 10-52 所示。

elevGrid

78	72	69	71	58	49
74	67	56	49	46	50
69	53	44	37	38	48
64	58	55	22	31	24
68	61	47	21	16	19
74	53	34	12	11	12

=

flowGrid

2	2	2	4	4	8
2	2	2	4	4	8
1	1	2	4	8	4
128	128	1	2	4	8
2	2	1	4	4	4
1	1	1	1	4	16

图 10-52 利用 DEM 计算水流方向矩阵示意图

在 ArcView 中提取水流方向的步骤如下：

A．从视图目录表中激活 Filled DEM；

B．从<Hydro>菜单中选择<Flow Direction>命令；

C．显示新生成的水流流向数据 Flow Direction（图 10-53）。

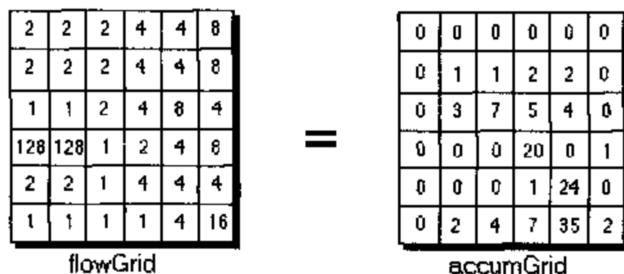


图 10-53　提取水流方向

3．流水累积量（Flow Accumulation）

区域流水累积量矩阵表示区域地形每点的流水累积量，它可以用区域地形曲面的流水模拟方法获得。流水模拟可以利用区域的数字地面高程模型的水流方向数字矩阵来进行。其基本思想是，以规则格网表示的数字地面高程模型每点处有一个单位的水量，按照自然水流从高处流往低处的自然规律，根据区域地形的水流方向数字矩阵计算每点处所流过的水量数值，便可得到该区域水流累积数字矩阵。在此过程中，使用了权值全为 1 的权值矩阵。权值矩阵是一个连续的数字矩阵，它表示了在一次暴雨中的平均降雨量，可用来计算一个流域内流走的降雨量的多少。假定所有的降雨量没有被地表水截留、蒸发或损失，输出的流水累积量矩阵表示了流经每个栅格的降雨量。

从水流方向数字矩阵（flowGrid）产生的流水累积量矩阵（accumGrid）如图 10-54 所示。



2	2	2	4	4	8
2	2	2	4	4	8
1	1	2	4	8	4
128	128	1	2	4	8
2	2	1	4	4	4
1	1	1	1	4	16

flowGrid

=

0	0	0	0	0	0
0	1	1	2	2	0
0	3	7	5	4	0
0	0	0	20	0	1
0	0	0	1	24	0
0	2	4	7	35	2

accumGrid

图 10-54　流水累积量的计算

在 ArcView 中，具有不确定流向的栅格将不会接受流水量，也不会对下游的水流有贡献值。在水流方向矩阵中值不是 1，2，4，8，16，32，64 或 128 的栅格被认为具有不明确的流向。

流水累积量值取决于流入每个栅格的所有的栅格的数目，正在被处理的栅格不包含在累积量的计算中。

在输出的流水累积量矩阵中，具有高累积量值的区域是水流的汇集区，可用来确定河流通道。因此，可用 Flow Accumulation 来提取地面水系分布图。流水累积量值为 0 的区域是地形上的至高点，可用来确定山脊线。

在 ArcView 中，计算流水累积量的步骤如下：

A．从视图目录表中激活 Flow Direction；

B．从<Hydro>菜单中选择<Flow Accumulation>命令；

C．显示新生成的流水累积量数据主题 Flow Accumulation。双击此主题的图例，在出现的 Legend Editor 对话框（图 10-55）中，单击 Classify 按钮，在出现的 Classification 对话框中选择标准偏差 Standard Deviation 为分类类型，单击 OK。

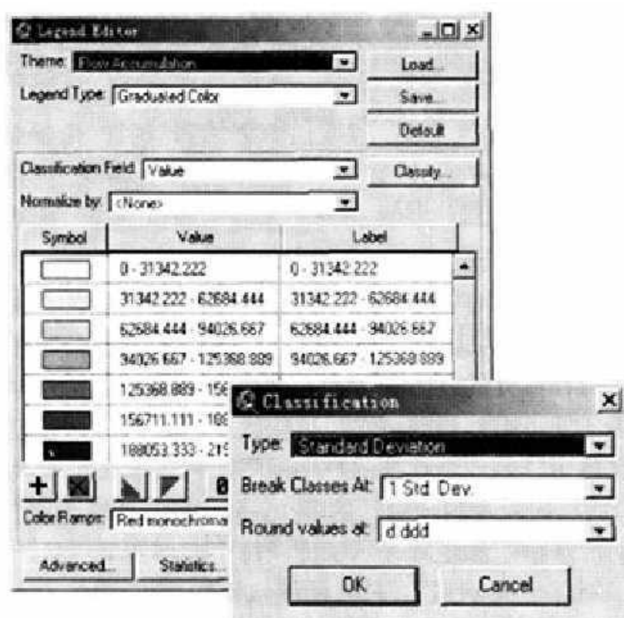


图 10-55　Legend Editor 对话框

提取的 Flow Accumulation 主题（图 10-56）显示了地面水系的分布状况。

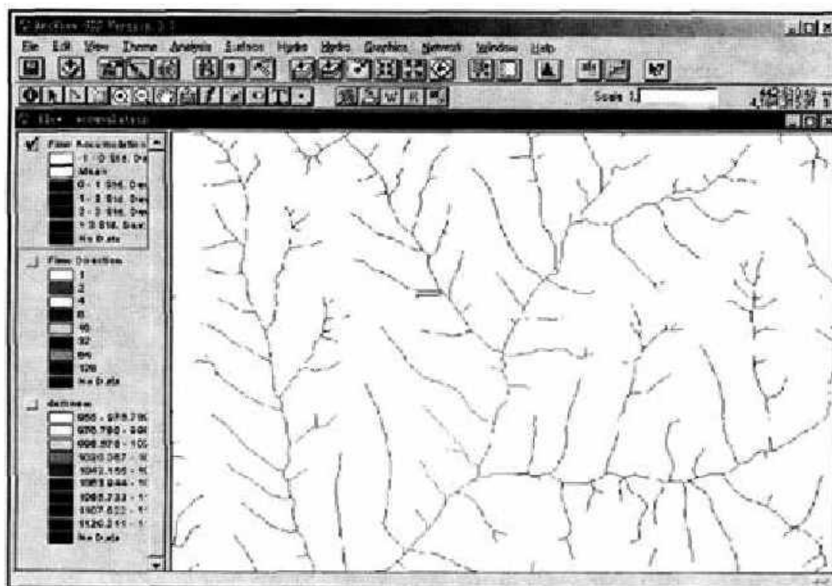
4．水网（Stream Network）

水网密度根据地表的水流方向数字矩阵，确定河流的最小长度，显示出区域内水系分布的密集程度。给定河流的最短长度值越小，水系分布越密集。

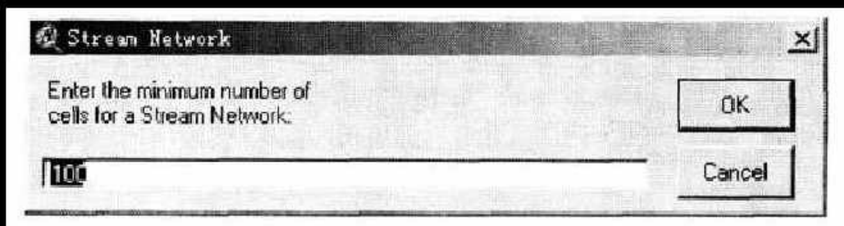
提取水网密度的步骤如下：

A．从视图目录表中激活 Flow Accumulation；

B．从<Hydro>菜单中选择<Stream Network as Line Shape>命令；



C. 最小河流
长度，



D. ection 主
题，单

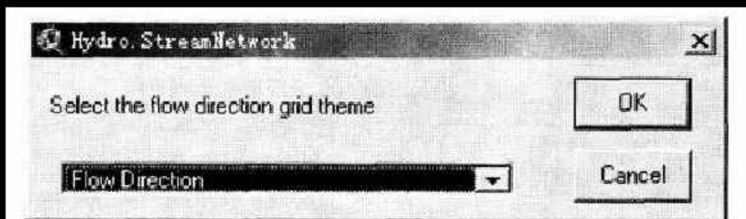


图 10-58 Hydro.Stream Network 对话框

生成新的主题 Stream Network Shape 即为水网密度分布图。

不同的河流最短长度值所计算的水网密度见图 10-59、图 10-60 所示。

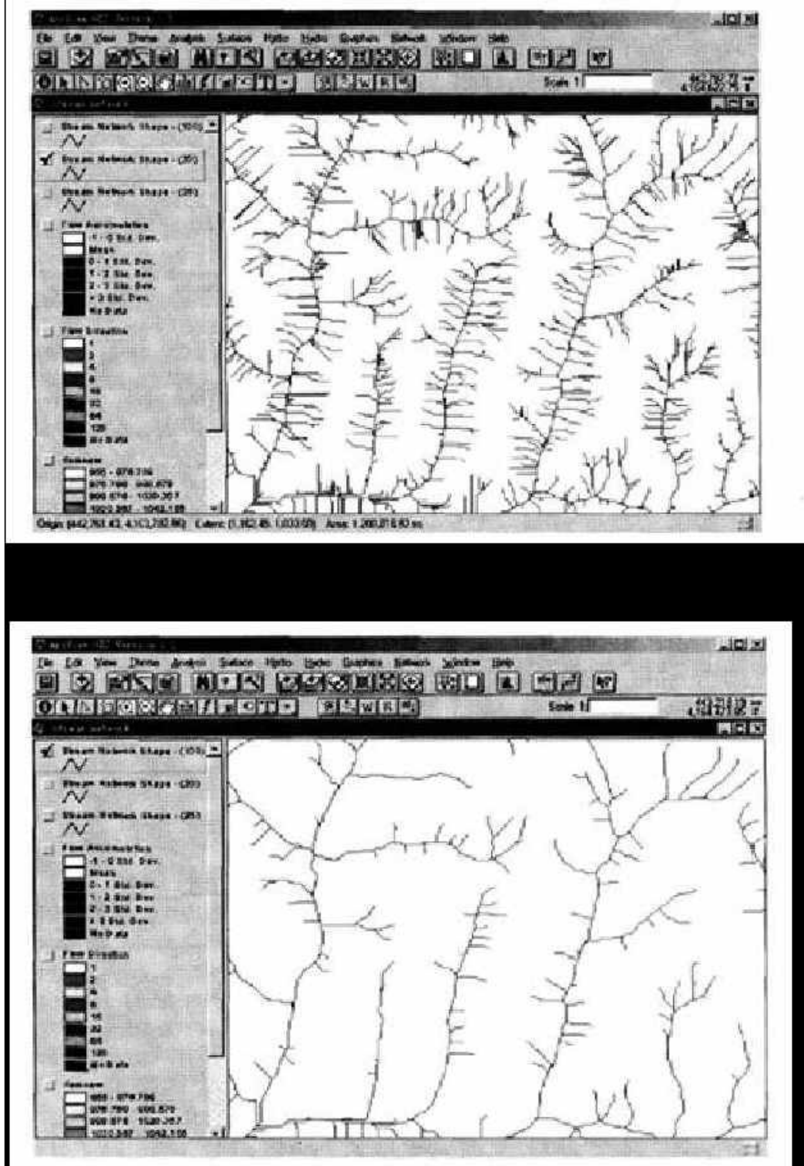


图 10-60　河流最小长度为 100 米提取的水网密度

5. 水流长度计算（Flow Length）

水流长度计算了在流域内沿河道的每一点距其上游和下游的河道长度。Flow Length 常用来提取流域内最长的河流长度，从而计算河流流经流域所需的时间。

提取水流长度的步骤如下：

A．从视图目录表中激活 Flow Direction；

B．从<Hydro>菜单中选择<Flow Length>命令。

显示输出的 Flow Length 栅格主题（图 10-61）。

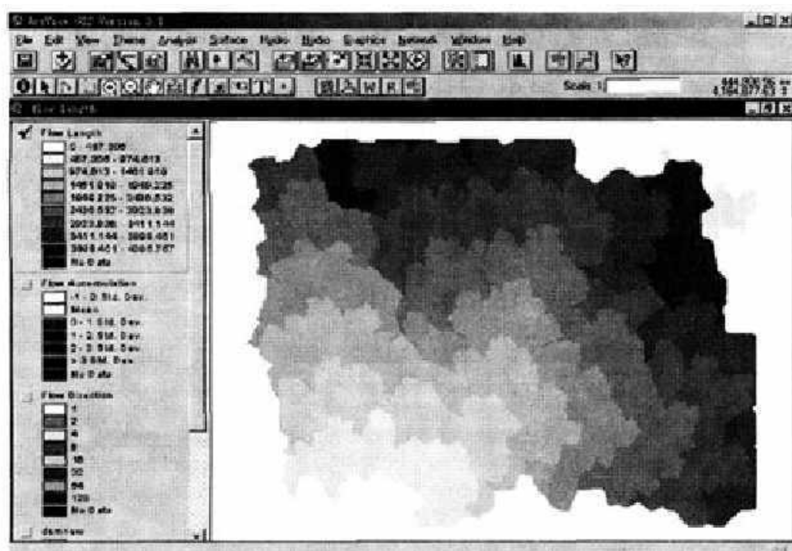


图 10-61　水流长度提取

6．流域分析（Watershed）

流域是指流经其中的水流和其他物质从一个公共的出水口排出从而形成一个集中的排水区域。描述流域还有其他一些词，例如：流域盆地 Basin、集水盆地 Catchment 或水流区域 Contributing area。Watershed 数据显示了区域内每个流域汇水面积的大小。汇水面积是指从某个出水口（或点）流出的河流的总面积。出水口（或点）即流域内水流的出口，是整个流域的最低处。流域间的分界线即为分水岭。

采用水流方向和流水累积量数据生成 Watershed 数据的步骤如下：

A．在视图目录中添加 Flow Direction 和 Flow Accumulation 主题；

B．击活 Flow Accumulation；

C．从<Hydro>菜单中选择<Properties>命令；

D．在出现的 Hydro Properties 对话框（图 10-62）中输入计算所需的 Flow Direction 和 Flow Accumulation 主题；

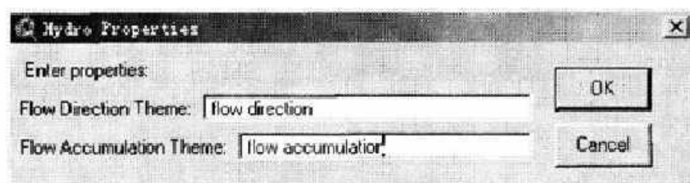
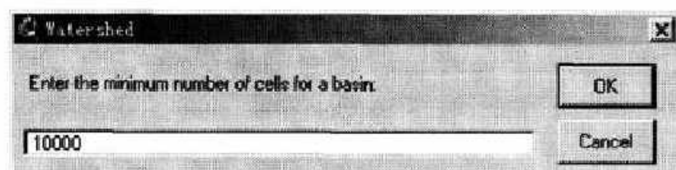


图 10-62　Hydro Properties 对话框

E．从<Hydro>菜单中选择<Watershed>命令；

F．在出现的 Watershed 对话框中输入要计算的流域的面积（最少栅格数）（图 10-63）；



G．生成

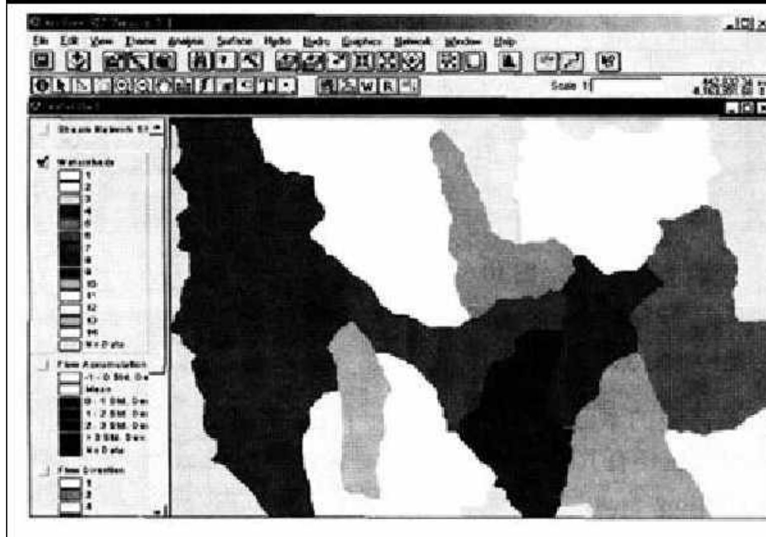


图 10-64　提取 Watershed

第十一章　ArcView 空间分析例证

ArcView 空间分析在具体的实践中应用很广泛，也很方便快捷。

第一节　地形指标提取

地形指标是最基本的自然地理要素，也是对人类的生产和生活影响最大的自然要素。地形特征制约着地表物质和能量的再分配，影响着土壤与植被的形成和发育过程，影响着土地利用的方式和水土流失的强度，也影响着城市规划中工农业生产布局的各个方面。地形指标的提取对水土流失、土地利用、土地资源评价、城市规划等的研究起着重要的作用。

地形指标，根据研究区域尺度的不同有许多因子。基于 ArcView 的地形因子提取均是在 DEM 的基础上进行。

图 11-1 是一个区域分辨率为 5 米的 DEM 数据，图例是按照其高程值采用渐变色来显示的。下文中关于地形指标的提取都是以这个数据为基础。

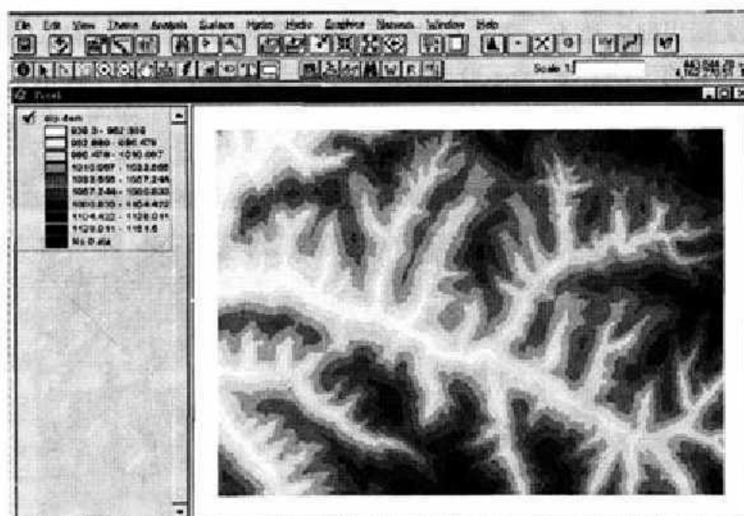


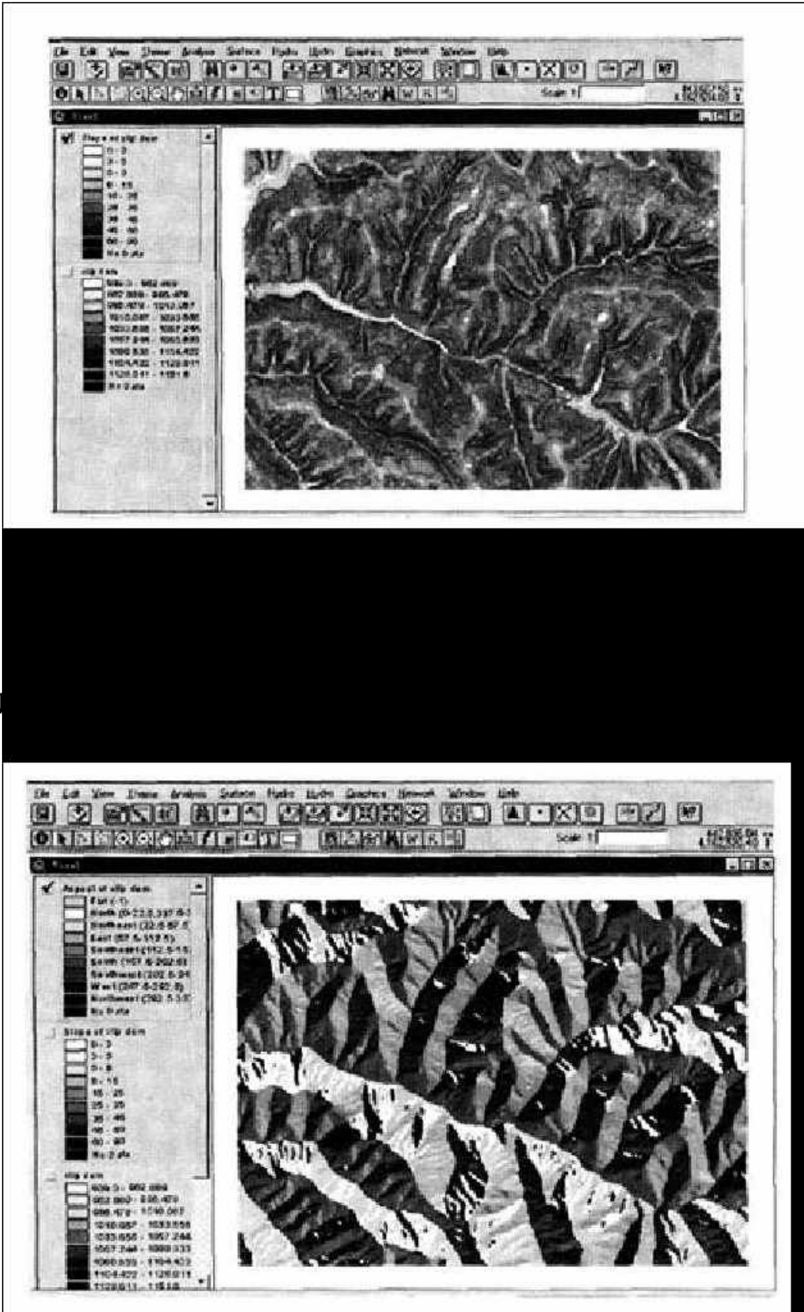
图 11-1　DEM 数据

1. 坡度

坡度的定义和提取方法在上一章已作了介绍：激活 DEM 数据所在的主题层，选择〈Surface〉菜单下的〈Derive Slope〉命令即可。

形成的主题层，默认的是以 DEM 层的层名前加“Slope of ”来命名，当然，也可以通过 Theme 下的 Properties 来改名。ArcView 自动生成的坡度图，图例采用的是等间

距分类，并不一定能满足每个用户的需要，可以激活坡度主题层，编辑其图例。图 11-2 就是以 DEM 为基础生成的坡度图，其图例是按照水土保持方面划分坡度的标准来编辑的。



2．坡向

坡向的 …… 题层，选择（Surface）…… 向图。

图 11-3　坡向图

3．剖面曲率

剖面曲率是地面上任一点位地表坡度的变化率，或者称为高程变化的二次导数。

根据定义，剖面曲率的提取实际上是对 DEM 层两次求坡度，即"slope of slope"；

其提取方法如下：

A．激活 DEM 主题，选择<Surface>菜单下的<Derive Slope>命令，提取 DEM 主题的坡度，得到主题 Slope of DEM；

B．激活主题 Slope of DEM，再对其用上述的方法提取坡度，得到 DEM 坡度主题的坡度即剖面曲率主题（图 11-4）。

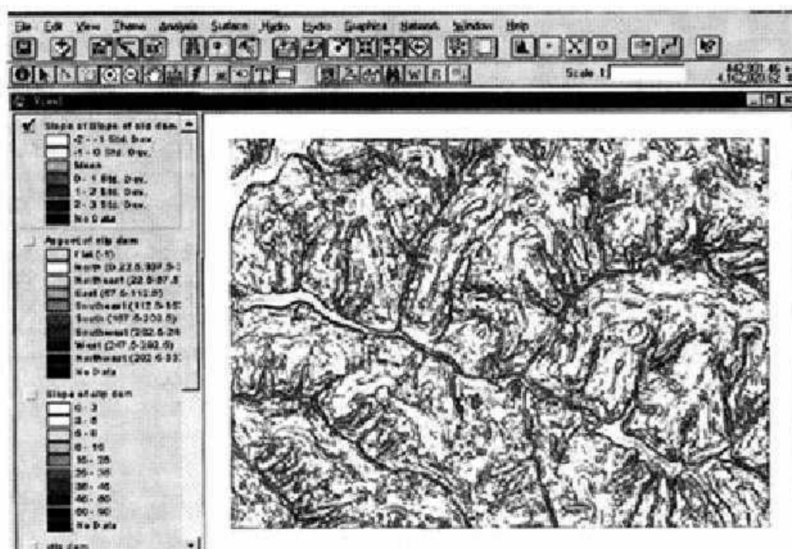


图 11-4 剖面曲率图

4．平面曲率

平面曲率指的是地面上任一点位地表坡向的变化率，它是一个反映等高线弯曲程度的指标，可以反映出地表所有的山脊线、山谷线。

根据平面曲率的定义，可以说平面曲率就是对 DEM 层进行坡向的提取，然后再对这个坡向提取坡度。但需要注意的是，对于如图所示的 A、B 两个相邻的栅格单元，其坡向值分别是 359°和 1°，显然，A、B 两个栅格单元只差了 2°，而在自动提取坡向差时，却计算成了|359°- 1° | =358°，从而在北坡出现平面曲率的误差，如图 11-5 所示。

所以，提取平面曲率的主要工作就是消除北坡的误差。这里，引入负地形的概念：负地形是和真实的地表高度起伏变化完全相反的虚拟地形，它通过公式 [H−(DEM)]计算，把原来高点变低、低点变高，H 的取值可以给定一个远大于此区域高程的值如 10 000。负地形的实现可以通过<Analysis>下的<Calculator>命令，公式为[| DEM- H | * (-1)]，即可生成负地形。如何通过负地形消除北坡的平面曲率误差呢？首先，利用正负地形分别提取平面曲率。因为负地形的平面曲率的误差出现在南坡，这样，正负地形的平面曲率的误差就对称分布于北坡和南坡，记这两个层面分别为 A、B。其次，分别对这两个层面进行相加和相减运算。当这两个层面相加时，没有误差的地方值翻倍，有误差的地方除了其本身的值以外，还使误差得到了累积；当这两个层面相减时，没有误差的地方值

为零，有误差的地方只剩下了累积的误差，误差有正有负，对相减得到的新层面取绝对值。最后，对相加、相减得到的两个新层面再相减，即得到了没有误差的翻倍的平面曲率的值，此值除以 2，即可得到了没有误差的平面曲率的层面。

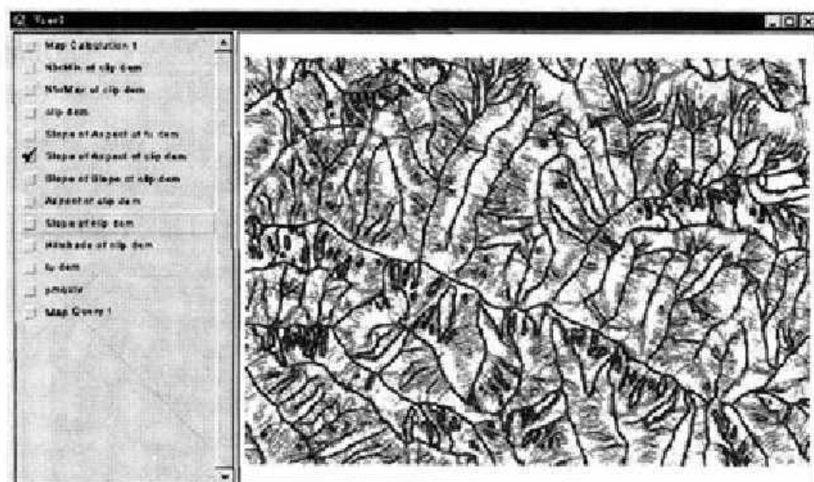


图 11-5　平面曲率在北坡存在误差

平面曲率的提取方法如下：

A．提取 DEM 层的坡向主题，再对此坡向主题提取坡度，得到的主题记为 A；

B．在<Analysis>菜单下使用<Calculator>命令，公式为[| DEM- H | * (-1)]，提取 DEM 层的负地形；

C．提取负地形的坡向的坡度，记为 B；

D．在<Analysis>菜单下使用<Calculator>命令，公式为[[(A+B)- (A- B).abs.]/2]，即可求出没有误差的 DEM 的平面曲率。如图 11-6 所示。

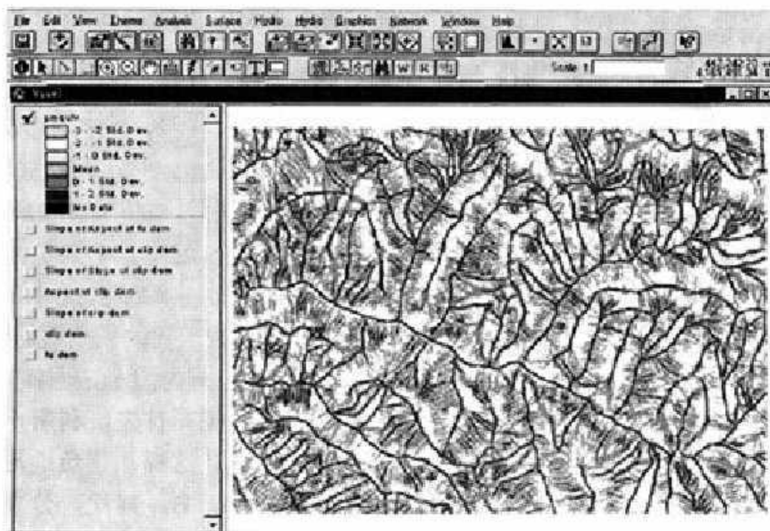


图 11-6　消除误差后的平面曲率图

另外，根据求出的平面曲率，通过<Analysis>菜单的<Map Query>命令，选取平面曲率>80 的要素,即可提取出沟脊线和沟谷线，提取结果如图 11-7。

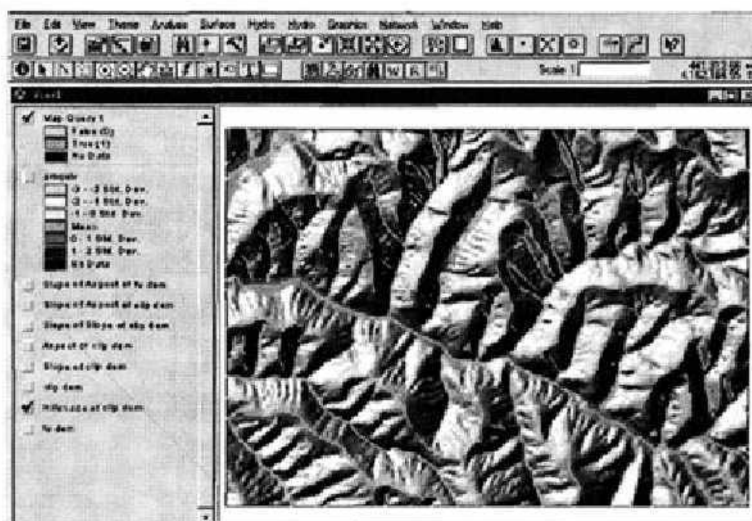


图 11-7　提取的沟脊线和沟谷线

5. 地形起伏度

地形起伏度是指在一个特定的区域内，最高点海拔高度与最低点海拔高度的差值（图 11-8）。它是描述一个区域地形的宏观性的指标。

从地形起伏度的定义可以看出，求地形起伏度的值，首先要求出一定范围内海拔高度的最大值和最小值，然后，对其求差值即可。求一定范围内的最大值和最小值，可以通过用<Analysis>菜单的<Neighborhood Statistics>，分别设置 Statistic 值为最大值和最小值，邻域的设置可以为圆，也可以为矩形，邻域的大小可根据自己的要求来确定。

地形起伏度的具体提取方法如下：

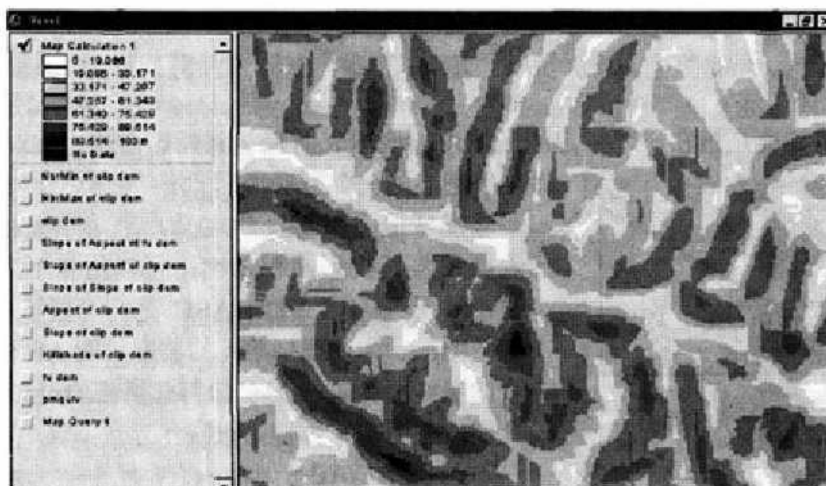


图 11-8　地形起伏度

A．激活 DEM 数据，在<Analysis>菜单中使用<Neighborhood Statistics>命令，设置 Statistic 值为最大值，邻域的类型为矩形（也可以为圆），邻域的大小为 100 个 Map Units（这个值也可以根据自己的需要进行改变），则可得到一个邻域为 100×100 的矩形最大值层面，记为 A；

B．用上面相同的方法，只是把 statistic 值设置为最小值，即可得到 DEM 数据的最小值层面，记为 B；

C．在<Analysis>菜单下使用<Calculator>命令，公式为（A-B），即可得到一个新层面，其中每个栅格的值是以这个栅格为中心确定的邻域地形起伏值。

如果还想知道更大范围或整个区域、整个图幅的地形起伏度，则可通过<Theme>下的<Edit legend>中的 Statistics 来查看，其内容包括地形起伏的最大值、最小值、均值等。提取的结果如图 11-9。

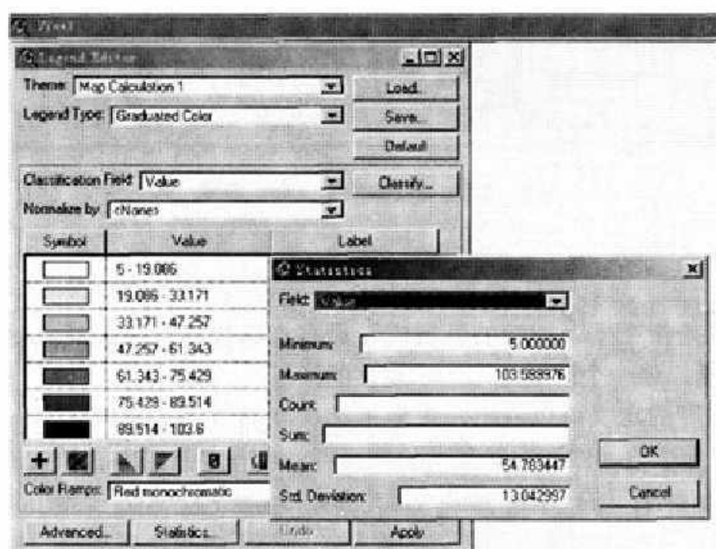


图 11-9　Edit Legend 中的 Statistics 查询

6．地面粗糙度

地面粗糙度是指在一个特定的区域内，地球表面积与其投影面积之比，它是反映地表形态的一个宏观指标。

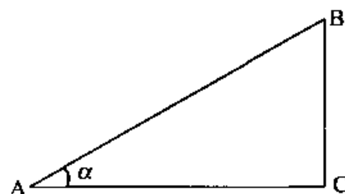


图 11-10 栅格单元剖面图

根据地面粗糙度的定义，求每个栅格单元的表面积与其投影面积之比，可以用如下方法来完成：如图 11-10，假如 ABC 是一个栅格单元的纵剖面图，α 为此栅格单元的坡度，则 AB 面的面积为此栅格的表面积，AC 面为此栅格的投影面积（即此栅格的面积），根据公式：

$$\cos\alpha = AC/AB$$

可得出此栅格单元的地面粗糙度 M 为：

M＝“AB 面的面积”/“AC 栅格单元的面积”

＝（AC×AB）/（AC×AC）＝ $1/\cos\alpha$

地面粗糙度的提取步骤如下：

A．提取 DEM 层的坡度 α；

B．在<Analysis>菜单下使用<Calculator>命令,公式为:

((([Slope] × 3.14159/180).cos)Pow(-1))

即可得到地面粗糙度的层面（图 11-11）。



图 11-11　地面粗糙度

需要注意的是，在 ArcView 中，计算余弦默认的角度值是弧度值，而通过提取坡度得到的值是角度，所以在计算时必须把角度转换为弧度。

7．沟壑密度

沟壑密度是指在一个特定的区域内，地表单位面积内沟壑的总长度。

沟壑密度的提取可通过水文分析方法提取，然后通过统计查询，查出沟壑的长度，再除以区域面积，就可得到区域的沟壑密度。其关键是确定沟壑的标准，具体方法如下：

A．激活 DEM 主题层，在<Hydro>菜单下使用<Fill>命令，对 DEM 数据中的高程为 0 的栅格进行填充，得到新的层面，记为 A；

B．对 A 层使用<Hydro >菜单的<Flow Direction>命令,提取水流方向；

C．对水流方向层再用<Hydro >菜单的<Flow Accumulation>命令，得到水流的累积量层；

D．激活 Flow Accumulation 主题，选择〈Hydro〉菜单中的〈Stream Network as Line Shape〉命令，在出现的 Stream Network 对话框中，输入水流累积量的最小值 500（此值需根据研究区域的土壤、植被、地形特征及研究目的来确定），然后在出现的 Hydro.StreamNetwork 对话框中选择水流方向 Flow Direction 主题，单击 OK，即可得到提取的沟壑层，如图 11-12 所示；

E．计算水流总长度：激活所提取的沟壑层，点击工具栏中的属性表按钮，每条河

流的长度则记录在属性表中；

F．计算区域面积：双击 Flow Direction 主题，出现 Legend Editor 对话框，选择 Statistics，其中 sum 一栏为统计的全部栅格数。区域面积 = 栅格总数×单位栅格面积，其中单位栅格面积 = 栅格长度×栅格长度，栅格长度可以通过查询 DEM 主题的 Theme Properties 而得到；

G．计算沟壑密度：沟壑密度 = 水流总长度/区域面积。

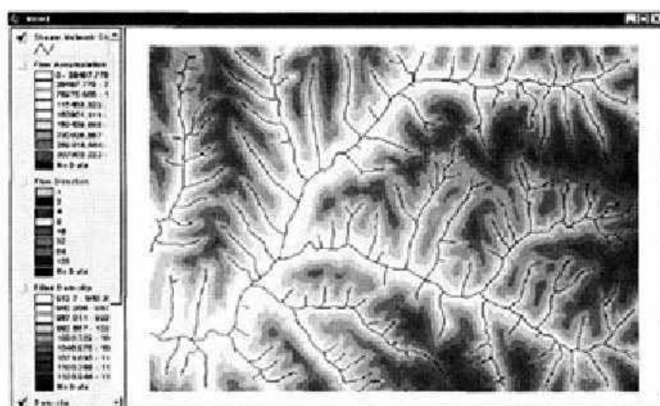


图 11-12　通过水文分析求出的沟壑

8．坡长的提取

ArcView 没有直接求坡长的功能，但可以先求负地形（负地形的概念见前面平面曲率的提取），再通过 ArcView 的水文分析功能，求出负地形的水流方向、水流长度等（也即求出了正地形的山脊线、坡长）。

坡长的具体提取方法如下：

A．激活 DEM 主题层；

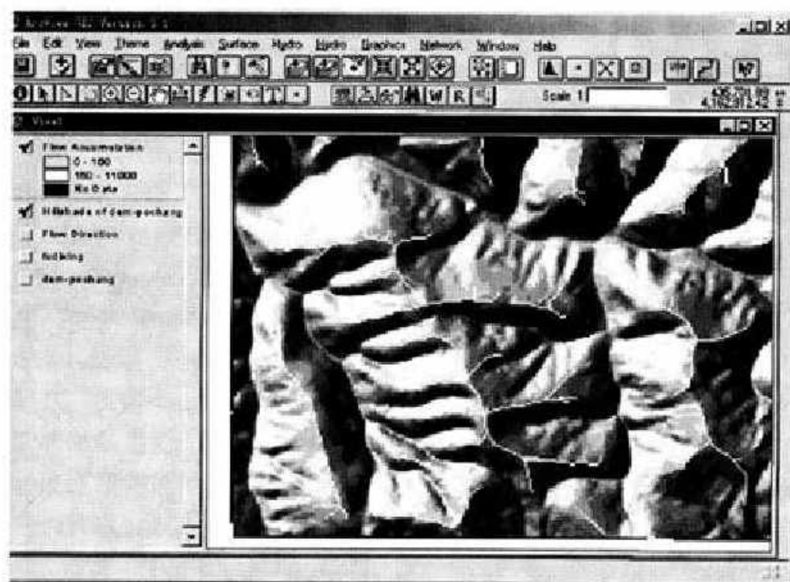
B．在<Analysis>菜单下使用<Calculator>命令，公式为[（DEM−10 000）×（−1）]，提取 DEM 层的负地形，把 DEM 层的负地形记为 A；

C．激活 A 层，调用<Hydro>菜单下的<Flow Direction>命令，则生成负地形的流向层，记为 B；

D．激活 B 层，调用<Hydro>菜单下的<Flow Accumulation>命令，生成负地形的水流累计量层 Flow Accumulation，记为 C，编辑 C 层的图例，使其值分为三个范围：0～固定值、固定值～最大值和 NO DATA 值，这三个范围的颜色分别设为无填充色、任一彩色和黑色，这个固定值的确切值，可以通过 C 层和 Hillshade 层的共同显示来选定，选定固定值的标准是彩色值能比较好的反映山脊线，如图 11-13；

E．调用<Analysis>菜单下的<Map Query>命令，查询表达式为：Flow Accumulation ≥“固定值”，得到新的主题层 Map Query 1，记为 D，D 是对 C 的二值化；

F．激活 D 层，点击<Theme>菜单下的<Table>命令或快捷按钮 打开 D 主题的表，选择值为 1 的数据，再调用<Analysis>菜单下的<Find Distance>命令，则得到新的主题层，记为 E。E 上的每一个栅格的值是距最近的山脊线之间的垂直方向上的栅格数。



G. [illegible] 寸，可以得到新的 [illegible]

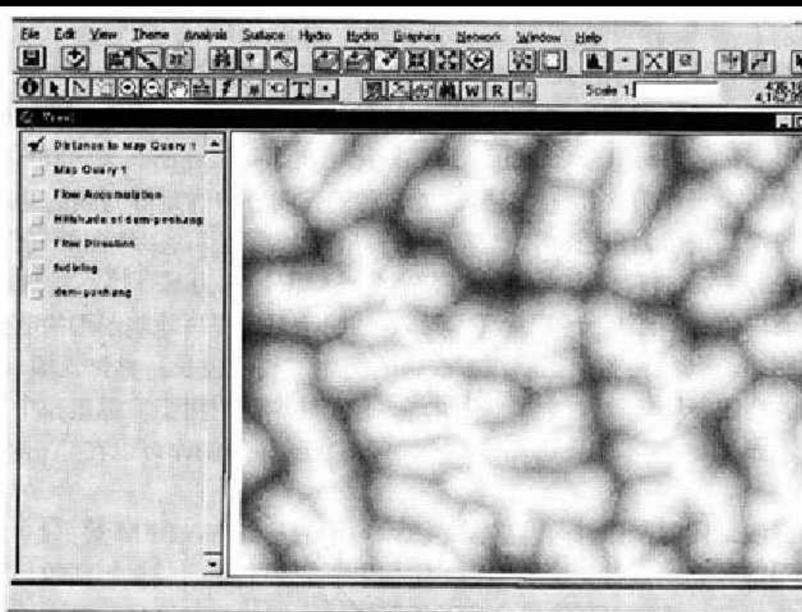


图 11-14　坡长

因为水流的方向不是严格地和山脊线成 90°（图 11-15），大多数的水流方向只是接近 90°，实际的坡长应是沿水流方向的长度。所以求得的主题 F 的值只是一种坡长的近似值，用这种方法求坡长是一种求取坡长的快速的、近似的方法。

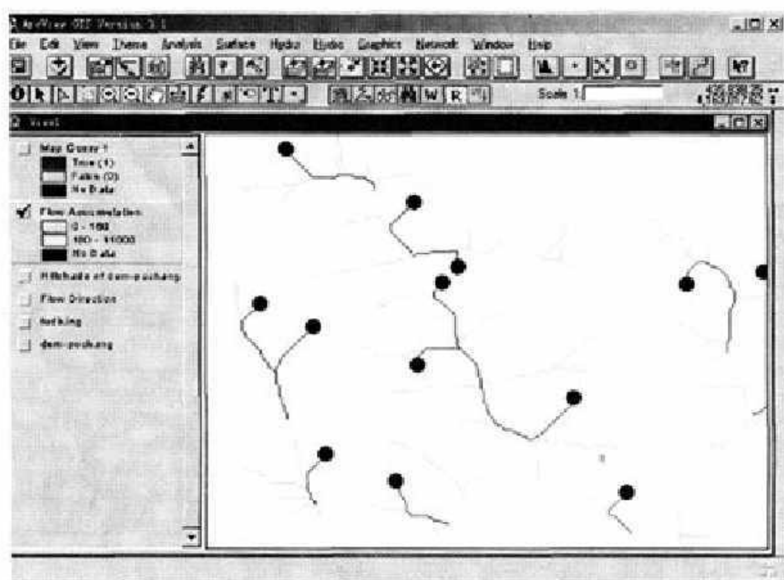


图 11-15　水流的实际方向

第二节　明暗等高线图的制作

等高线是地图上最常用的表示地貌的方法，但其不足之处是所表示的地形立体感不强，并非所有读者都能准确地读出它所描述的实际地表形态。对于如何用等高线表示地貌的立体形态，波乌林（J. Pauling，1895）提出明暗等高线法，又称波乌林法。其基本论点建立在以下三个方面：① 根据斜坡所对的光线方向确定等高线的明暗程度；② 将受光部分的等高线印为白色，背光部分的等高线印为黑色；③ 地图的底色饰为灰色。

依上述三点制成的有一定立体感的等高线地貌图，称为明暗等高线地图。其特点是利用受光面白色等高线与背光面黑色等高线的明暗对比提高地貌图形的立体效果。

传统的明暗等高线地图手工制作方法由于其生产周期较长，整饰、编辑极为不便，对作业人员的实践经验依赖性过强等原因，一直无法广泛应用于实际工作中。目前，随着计算机技术和 GIS 技术的飞速发展，明暗等高线地图的制作可以在 ArcView 软件下得以实现。

明暗等高线地图的制作，其数据源是三维地形的基础——DEM 数据。

要生成明暗等高线，首先要从 DEM 中提取一定等高距的矢量等高线，并把其转化为二值栅格化的等高线地图，这样才有可能用明暗不同的颜色来显示等高线。剩下的问题是如何把表示等高线的栅格分为受光和背光两部分，并分别显示。要把等高线的栅格区分为受光部分和背光部分，可以对原始的全栅格 DEM 数据进行坡向提取，并根据坡向对等高线的栅格分类生成明暗等高线地图。背光和受光栅格要根据入射光的方向进行确定，假定光源位置定位于地面西北方向，则坡向为 0°～45°、225°～360°时地表面为受光面，用白色表示；坡向为 45°～225°时地表面为背光面，用黑色表示。

如果显示等高线的栅格单元的尺寸太大，则地图的整个图面显得粗糙，不够精致；

栅格单元尺寸太小，则整个图面较虚，整体视觉效果不是很好。实验结果表明，以 0.2 毫米作为基本的栅格尺寸往往能够得到理想的效果。对于 1:10 000 地形图，栅格单元的尺寸最好为 2 米。

在 ArcView 中，明暗等高线地图的制作方法如下：

A．激活 DEM 主题层 A（在本例中，DEM 数据是以 1:10 000 的地形图为数据源采集得到的，DEM 的分辨率为 5 米）；

B．点击<Analysis>下的<Neighborhood Statistics>命令，以邻域为 3×3 单元的矩形为研究区域，选择平均值作统计分析，对 DEM 数据做邻域分析，得到一个新的主题，ArcView 自动将其命名为 Nbrmean of DEM，记为 B；

C．激活 B，点击<Surface>下的<Create Contours>命令，提取等高线，得到等高线主题，系统自动命名为 Contours of Nbrmean of DEM，记为 C；

注意：如果直接对原始 DEM 主题提取等高线，则提取的等高线不够圆滑，描述山谷等高线的有些节点会发生扭曲和变形（图 11-16），因此，须首先对 DEM 主题做邻域分析，然后再提取等高线，这样才会取得比较好的效果。因为用平均值做邻域分析会对 DEM 主题有平滑的作用，所以其图面可视化的效果会比较好（图 11-17）；

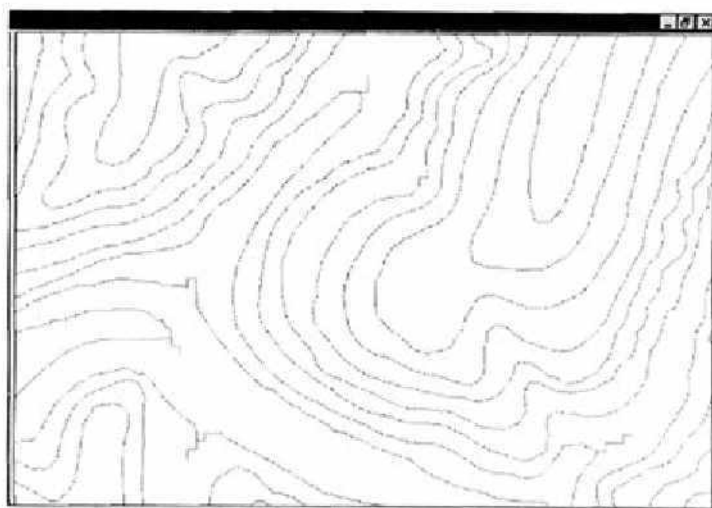


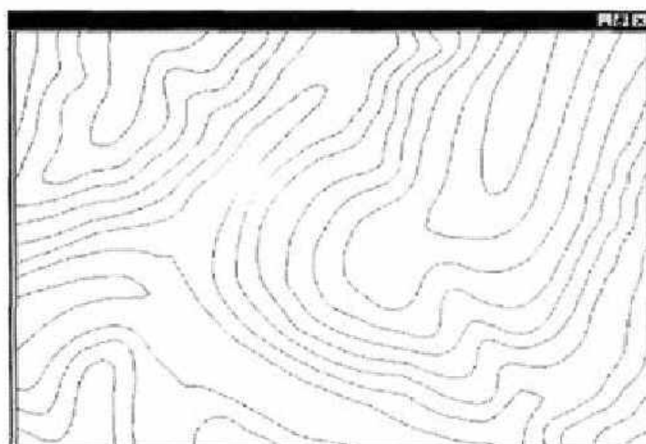
图 11-16　从原始 DEM 数据提取的等高线

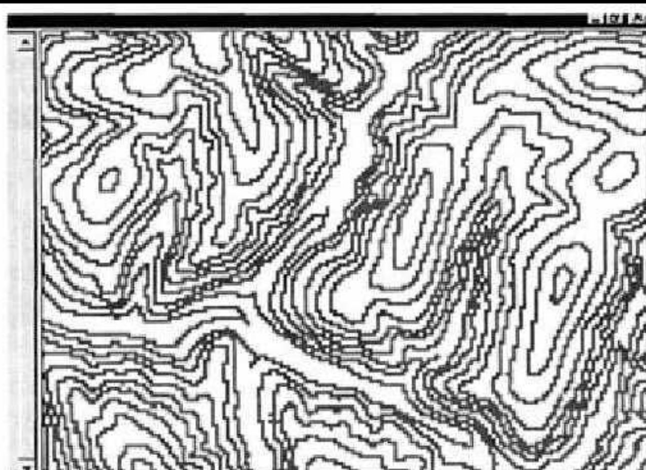
D．激活 C 主题，首先点击<Analysis>下的<Properties>，修改分析的栅格单元为 2 米，再点击<Theme>下的<Convert to Grid>，把矢量等高线转为栅格数据。在转换过程中，可以把任何一个字段作为栅格单元的值。形成的栅格等高线主题记为 D；

本例中 DEM 是 5 米的分辨率，如果等高线在转栅格的过程中仍然使用 5 米的分辨率，则会出现有些栅格连成一片、显示效果差的现象，见图 11-18。

经过实验，使用 2 米的分辨率整体效果比较合适，见图 11-19。

E．激活 A 主题，首先点击<Analysis>下的<Properties>，将要分析的栅格单元再修改为 5 米，然后点击<Surface>下的<Derive Aspect>命令，提取坡向，主题名为 Aspect of DEM。





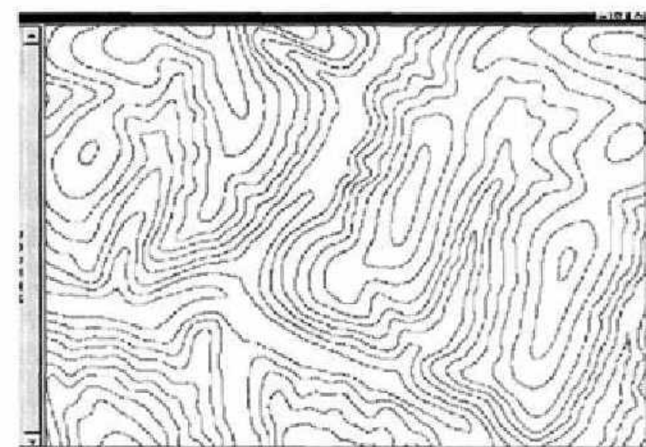


图 11-19　2 米分辨率的栅格等高线

提取的坡向的分辨率为 5 米，但栅格等高线的分辨率是 2 米，所以，要根据坡向来区分受光的等高线栅格和背光的等高线栅格就会存在问题，因此，需要把坡向主题的分辨率调整为 2 米。方法为：点击<Analysis>下的<Properties>，将分析的栅格单元修改为 2 米；再调用<Analysis>菜单的<Calculator>命令，公式为[(Aspect of DEM)×1]，就可以得到分辨率为 2 米的坡向，记为 E；

F．调用<Analysis>菜单下的<Map Query>命令，查询的表达式为：[E>45] and [E<225]，则新形成的主题中所有栅格有两类值：1 或 0，这也就把坡向分为两类，1 表示这个栅格的坡向在 45°～225°之间，为背光栅格，0 表示这个栅格的坡向在 0°～45°或 225°～360°之间，为受光栅格。新形成的主题记为 F；

G．调用<Analysis>菜单的<Calculator>命令，公式为[D×F]。形成的新主题的值分为三类。对于 F 值为 1 的栅格单元，则新主题的值是栅格等高线主题的原来的值：如果原来的值非零，则新的值也非零；如果原来是 No Data，则新的值也是 No Data。非零的值，表示了栅格等高线中背光的栅格。对于 F 的值为 0 的栅格单元，若原来的值非零，则新的值为零；若原来的值是 No Data，则新的值也是 No Data。为零的值，则表示了栅格等高线中受光的栅格。所以，新主题的值分为三类：非零值、零值、No Data 值。编辑新主题的图例，使非零值显示为黑色，零值显示为白色，No Data 值显示为灰色，效果如图 11-20。



图 11-20　明暗等高线地图

当然，在实际制图中，也可将这些色彩调整为彩色。

除了以明暗不同的栅格的等高线来显示制图外，还可以将栅格等高线转变为一定宽度的矢量线，则会具有更好的视觉效果。

第三节　退耕还林还草的监测研究

退耕还林还草是西部地区生态环境建设的重要措施，也是我国西部大开发的一项

重要内容。在退耕还林还草过程中急需掌握地面坡度与土地利用，特别是与耕地分布状况之间的关系。地面坡度的大小直接影响着土壤的演化、植被的立地条件与土地质量，决定着土地利用方向和工农业生产建设布局。

下面以陕西省绥德县刘家沟、韭园沟两个流域的部分地区做为样区（样区范围为一幅标准分幅的1:10 000地形图区域，面积为25.5平方公里），以土地利用现状图和数字高程模型为主要信息源，在 ArcView 中进行叠合分析，快速查清各土地利用类型的坡度组成状况，为坡耕地退耕还林还草提供基础数据。

1. 信息源

在此项工作中基本的信息源有两个：

- 数字高程模型DEM数据。根据黄土高原的实际情况，采用本样区5米分辨率1:10 000的DEM。
- 土地利用现状图。采用样区1:10 000的土地利用现状图，图中的各主要土地利用类型按《陕西省土地利用现状调查技术规程》的分类系统标准进行分类及属性编码。

将土地利用现状图数字化、编辑后，在 ARC/INFO 下进行地图投影转换，与样区的DEM叠置套准。并在ArcView中将矢量型的土地利用类型数据转换为栅格型数据（图11-21）。

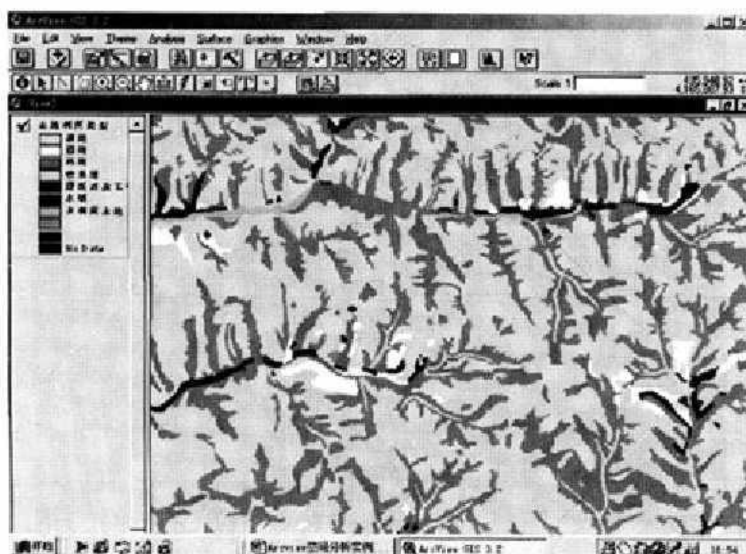


图 11-21　样区土地利用类型分布

2. 建立坡度数字模型

黄土丘陵沟壑区的土壤侵蚀以面蚀和沟蚀为主，土壤侵蚀量的大小受地面坡度大小制约。根据多年实验结果，在黄土丘陵沟壑区 3°、8°、15°、25°、35°是较为明显的土壤侵蚀临界坡度值。在土地利用中，6°～15°是可修筑梯田的范围，也是主要的耕地；<6°的耕地在耕作时采用水保耕作法可以防止面蚀的发生；>25°的坡地宜作为林牧用地，是

须退耕还林还草的区域。因此，对样区的坡度分为五级：<6°、6°～15°、15°～25°、25°～35°、>35°。

输入 DEM 数据，从<Surface>菜单选取<Derive Slope>命令提取样区的数字坡度模型，并按样区的坡度分级系统重新进行分级（图 11-22）。

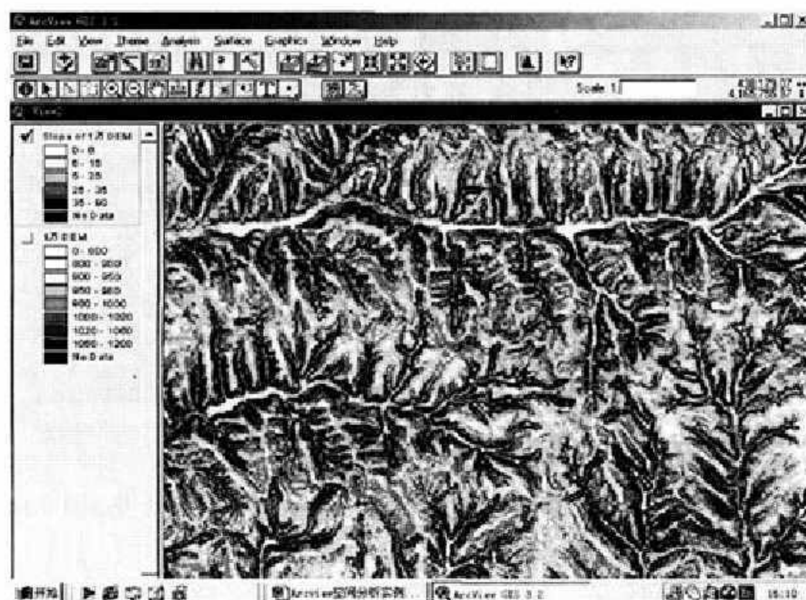


图 11-22　利用 DEM 提取的数字坡度模型

3．提取土地利用类型

输入土地利用类型栅格数据提取各土地类型，例如耕地、林地、园地的分布等等。提取耕地的具体操作如下：

A．在视图目录表中激活土地利用类型栅格数据 TDLY；

B．从<Analysis>菜单选取<Map Calculator>命令,在 Map Calculator 对话框中建立提取耕地的表达式。在本样区内，耕地类型有以下几种：141（川旱地）、143（梯旱地）、144（坡地）等，所以其表达式表述如下（图 11-23）：

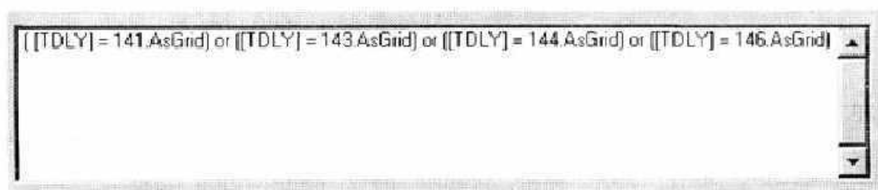


图 11-23　采用 Map Calculator 命令建立提取耕地的表达式

C．单击 Evaluate；

D．输出耕地栅格数据（图 11-24）。



图 11-24　耕地提取

采用此种方法，可以依次提取园地、林地、牧草地、居民点及工矿用地、水域、未利用地等土地利用类型。

4．黄土丘陵沟壑区坡耕地坡度现状分析

采用土地利用数据和数字坡度模型叠置分析，依据上述坡度分级系统进行统计可快速获取各种土地利用类型的坡度组成状况。

首先，以耕地为例，提取其坡度组成数据的方法如下：

A．在视图目录表中添加坡度主题 Slope of DEM 和耕地分布数据 GengDi；

B．从<Analysis>菜单选取<Map Calculator>命令,在 Layers 列表中双击 Slope of DEM 将其添加到表达式输入框中，单击 [*] 按钮将其添加到表达式中，然后在 Layers 列表中双击 GengDi 将其添加到表达式中，完成表达式（图 11-25）；

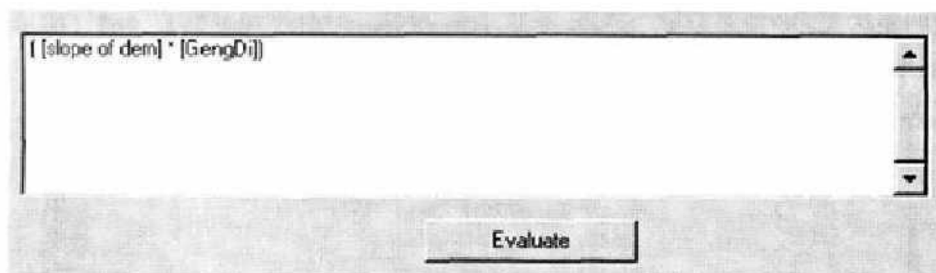


图 11-25　建立提取耕地坡度组成的表达式

C．单击 Evaluate；

D．新生成的 GengDi-Slope 数据表示了耕地中坡度分布状况。双击其图例在 Legend Editor 对话框中按照样区的坡度分级系统重新进行分级（图 11-26）。

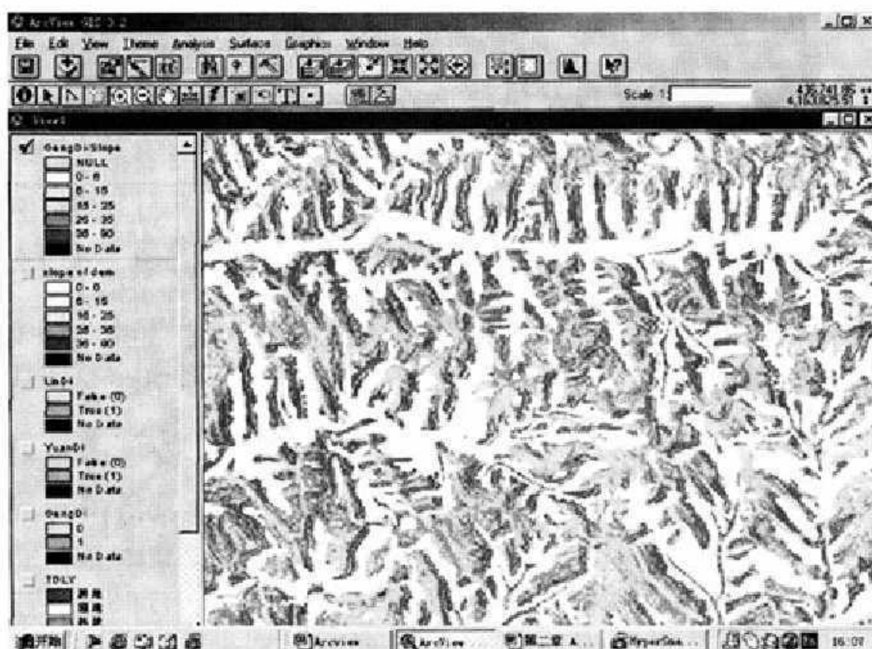


图 11-26　耕地的坡度分级图

然后，对耕地的坡度组成进行统计。例如计算 15°～25° 的坡耕地在样区中的比例。

A．从<Analysis>菜单中选取<Map Query>命令；

B．在 Map Query 对话框中构建查询表达式（图 11-27），从耕地坡度主题 GengDi-Slope 中提取坡度为 15°～25°的数据；

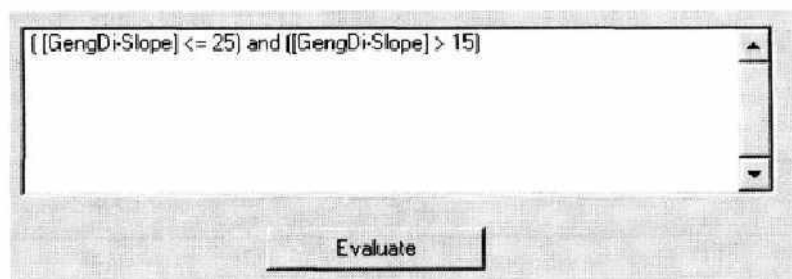


图 11-27　建立提取 15°～25°坡耕地的表达式

C．单击 Evaluate，提取的新主题 GDslope（15～25）表示了坡度为 15°～25°耕地的分布状况（图 11-28）；

D．激活 GDslope（15～25）；

E．单击 ，打开此主题的属性表（图 11-29）。

计算结果是样区的总栅格数为 817777+196574=1014351，坡度为 15°～25°的耕地栅格数为 196574，其在样区中所占的比例为 196574/1014351=0.1933。

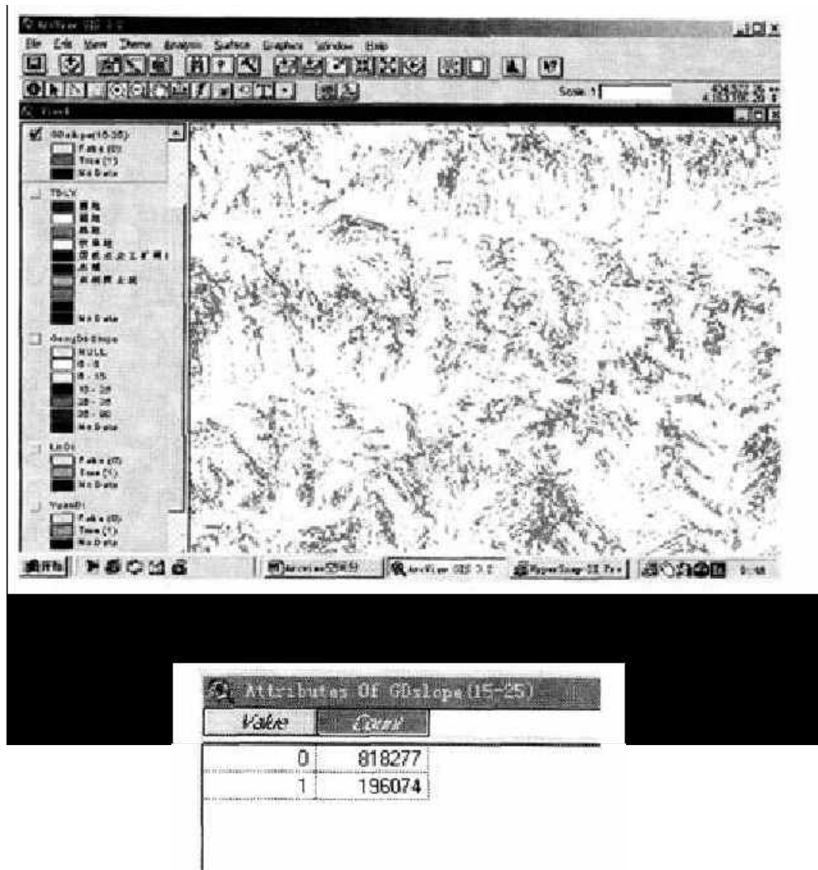


图 11-29 GDslope（15～25）主题属性表

采用此种方法，依次计算各土地类型中各级坡度所占的比例（表 11-1）。

表 11-1 样区内各土地利用类型的坡度分析（面积百分比，%）

用地类型	<6°	6°~15°	15°~25°	25°~35°	>35°	合 计
耕 地	1.13	5.41	19.33	19.74	15.88	61.49
园 地	0.08	0.21	0.64	0.81	0.85	2.59
林 地	0.56	2.48	8.02	9.58	11.18	31.82
牧草地	0.01	0.03	0.11	0.08	0.10	0.33
居民点及工矿用地	0.16	0.25	0.70	0.78	0.74	2.63
水 域	0.02	0.04	0.09	0.17	0.30	0.62
未利用地	0.04	0.08	0.09	0.14	0.20	0.55
合 计	1.98	8.51	28.98	31.30	29.23	100.00

本样区耕地类型为旱地：主要有滩旱地、沟旱地、梯旱地和坡旱地四种。以同样的方法计算耕地的坡度组成（表 11-2）。

表 11-2　耕地坡度组成

坡度分级	<6°	6°~15°	15°~25°	25°~35°	>35°	合　计
百分比（%）	1.83	8.80	31.44	32.11	25.82	100.00
面积（平方千米）	287024.7	1379148.7	4928170.5	5034745.4	4048221.3	15677310.6

从表中可知，本样区坡度在 25°以上需进行还林还草的面积约为 9.08 平方千米，占全区总面积的 57.93%。

第十二章　ArcView 的三维分析模块

三维分析模块是 ArcView 的一个扩展模块，可以通过<File>下的<Extensions>复选框来添加。

利用三维分析模块，可以生成三维形文件，完成连续表面模型的生成，还可以从透视三维的角度对空间数据进行可视化观察，直观地显示和查询数据，实现对表面模型的分析。

三维形文件，是三维分析模块所支持的一种新的文件形式，它除了存储物体的 x，y 坐标外，还可以存储 z 值（z 值可以是高程值，也可以是物体的其他属性值），从而可以更精确地描述地学信息。ArcView 的三维分析模块可以完成三维点、线、面文件的创建。

三维分析模块还提供了两种类型的表面模型：GRID 和 TIN 来模型化连续数据，如地形高度、气温变化等。利用这两种模型，可以完成各种分析工作，如计算某一高程基准面之上或之下的表面积或体积、绘制剖面线、计算一个点的可视范围等。

三维分析模块向 ArcView 接口中增加了一种新的观察数据的窗口——三维场景，它可以提供一个新的交互观察器来显示空间数据，如它可以以透视的原理来显示三维数据，可以对 z 值进行伸缩显示，还可以对三维视图进行实时操纵和移动。

第一节　三维透视观察

三维场景(3D Scene)和 ArcView 的视图(View)一样，是用来显示和查询地理数据的组件。“3D Scene”和 ArcView 中的“View”，“Table”，“Chart”，“Layout”，“Script”等项目并列，打开 ArcView 后，这些项目位于 ArcView 的项目窗口左侧，其中，为“3D Scene”的图标。以下用例子来说明 ArcView 三维显示的基本方法。

1．打开已建有三维场景（3D Scene）的工程

如果某个工程中已经包含有三维场景，则可以按照如下步骤打开三维场景。

A．在开始启动 ArcView 时，可以通过选择“Open an existing project”，或从<File >菜单中选择<Open Project>；

B．在打开工程的对话框中，选择工程所在的路径，双击工程文件（如 3D-mian.apr)；

C．移动工程左侧的滚动条，找到 3D Scene 的图标并激活；

D．在工程的右侧即可看到这个工程所包括的三维场景模块（图 12-1），双击这个三维场景，即可打开该模块。

打开三维场景模块后，即可看到有两个窗口属于三维场景（图 12-2）。一个窗口是三维场景的内容列表，名字是 3D Scene3，它和视图的内容列表一样，列举了场景中的主题及其图例；第二个窗口是三维场景观察器，名字是 3D Scene3-Viewer1，用来显示三维场景中的各主题。三维场景观察器根据需要，可以打开多个，也可把其拖到 ArcView

应用窗口的外边。



图 12-1　ArcView 中三维场景模块

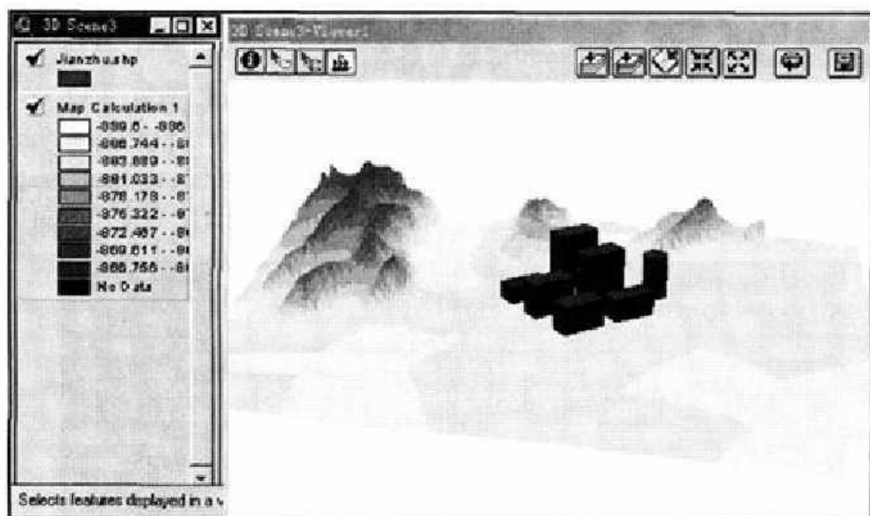


图 12-2　三维场景的显示

在三维场景观察器内，有许多工具可以对三维模型进行操作，主要有：

用于进行属性查询。同视图中的查询功能相同，必须先激活要查询的主题，再点击此工具，然后用鼠标单击任一要查询的地理特征（可以是一个建筑体，也可以是一个栅格的信息）；

行选择。同样，也须先激活要操作的主题，再点击此工具，然后用 择的地理特征，当选择的同时按着 shift 键，则可增加选择。再点击 ，则选择的要素会被高亮显示；

选择图形要素；

可进行三维景观的浏览如平移、缩放、旋转等。具体方法如下：

旋转：按住鼠标左键，并拖动，可对三维景观进行旋转；

缩放：按住鼠标右键，并拖动，可对三维景观进行缩放，其中，向右上方拖动为缩小；向左下方拖动为放大。

平移：同时按住鼠标左右键，可对三维景观进行平移；如果是三键鼠标，按住中间的键则可；另外，也可以在按住 Ctrl 键的同时，按住键盘上的上、下、左、右键之一来进行上移、下移、左移、右移。

另外，还可以先按住 Ctrl 键，再用鼠标左键点击某个感兴趣的目标，使这个目标移到视图的中心。

：所有主题的内容都显示在三维视图的范围内；

：把当前主题的内容显示在三维视图的范围内；

：视图以窗口为中心放大一倍；

：视图以窗口为中心缩小一倍；

：点击此按钮，可使目前视图动态旋转播放，按右下方的 Stop 键则可停止；

：存盘按钮。此按钮可把三维视图当作一个图像文件存在硬盘上，用于制图或打印。

除了利用三维场景观察器中的各种工具对三维场景进行查询、选择、观测外，还可以通过修改三维场景的属性来进一步改进观察效果。

三维场景的属性可以通过<3D Scene>下的<Properties>命令来修改(图 12-3)。三维场景的属性主要包括三维场景的名称(Name)、创建者(Creator)、创建日期(Creation date)、制图单位(Map units)、二维投影(2D projection)、垂直缩放因子(Vertical exaggeration factor)、背景色(Background color)、太阳方位角(Sun azimuth)、太阳高度角(Sun altitude)。

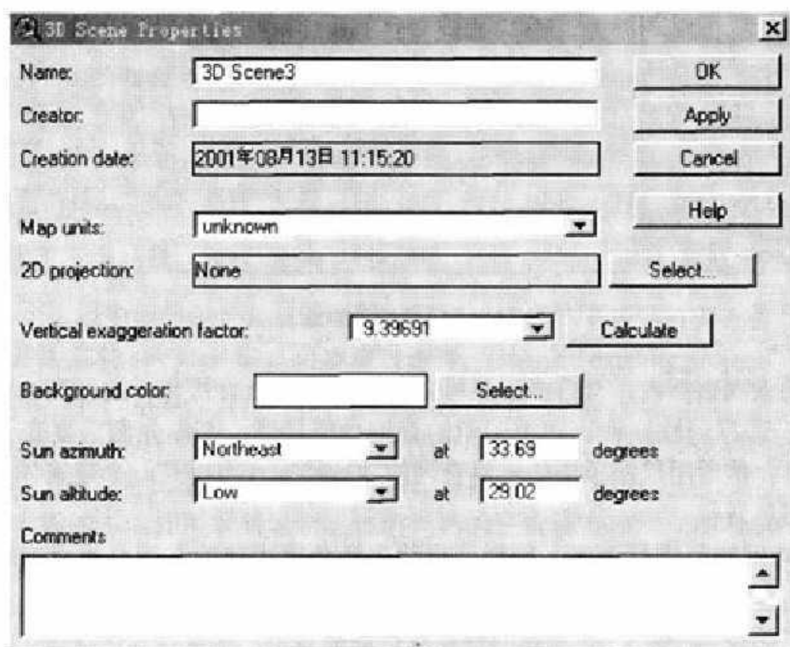


图 12-3 修改三维场景的属性

2．创建三维场景

根据已有的数据情况，创建三维场景有两种不同的方法。

1）方法一

如果组成三维场景的各个主题不是存在一个工程中的某个视图中，则可通过新建三维场景文档，再为三维场景添加数据的方式来建立三维场景。步骤如下：

A．打开 ArcView，点击<File>下的<Extensions>中的“3D Analyst”复选框来添加三维分析模块；

B．激活位于工程左侧的 3D Scenes(三维场景)图标；

C．单击 New 打开一个新的三维场景；

D．按下(Add Theme 图标按钮)；

E．将 Data Source Type 设置为 Feature Data Source，浏览至 River.shp 所在的目录下，选取 River.shp 文件，把主题 River 添加到三维场景中；

F．将 Data Source Type 设置为 Grid Data Source，浏览至 Calc18.grd 所在的目录下，选取 Cal18.grd 文件，则把 DEM 主题添加到三维场景中；

G．打开并点击三维场景中的按钮 ，以显示这两个主题。

River.shp 主题是一个 3D Shape File，文件中的每一条河流都包含了三维的特征，并且以它们的 z 值为支撑高度（通常以 DEM 或 TIN 为依据）。

此时，可以通过三维场景观察器中的各个工具按钮和定义 3D Scene 的属性来修改三维场景观察器中的内容。但这是不够的，一般还须对每一个主题定义其三维属性（3D Properties）。在定义某一个主题的三维属性之前，必须先激活这个主题，再点击<Theme>菜单下的<3D Properties>。图 12-4 是 3D Properties 的界面，其每一项功能介绍如下：

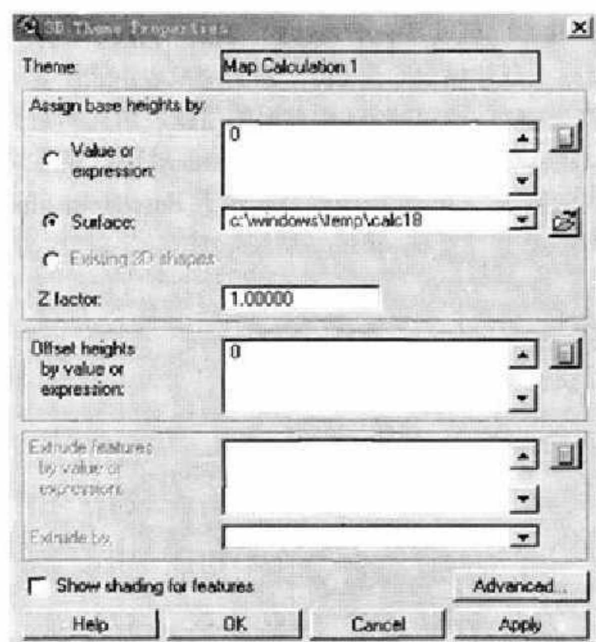


图 12-4　3D Properties 的界面

● 给 Base Heights 赋值（Assign Base Heights）

Base Heights 是指主题的基本高程值。它可以通过三种方式来赋值：① 一个值或表达式。值可以是主题里的某个字段值(变量)，也可以是一个常数，但常数的结果是三维模型中的所有物体都具有同样的高程值，表达式可以通过菜单右面的工具来定义。② Surface 文件。如果这个主题是 TIN 文件或 Grid 文件，则要用此选项。③ 已存在的 3D Shapes 文件（Existing 3D Shapes）。如果这个主题是已生成的 3D Shapes 文件，而且也已决定用这个主题的某个字段作为 z 值来显示，则要用此选项。除了这三项外，还须给定 z 因子(Z Factor)的值。Base Heights 最终的值是用前面赋的高程值乘以 z 因子的值。z 因子等于 1，则说明 x，y 的坐标单位与 Base Heights 的坐标单位相同。如 z 因子不等于 1，则可以通过给定一个 z 因子值把两个单位转化为同一个单位。如：x，y 的坐标单位是米，Base Heights 的坐标单位是英尺，则 z 因子值可以是 0.3048。

● 设定高程的偏移量(Offset heights)

偏移量是指主题的高程值以 Base Heights 为基础垂直向上或向下偏移的数值。它常用在两个单独的主题。由于 Base Heights 比较接近，因此可通过给定一个偏移量来达到比较好的显示效果。偏移量可以通过一个值或一个表达式来给定。偏移量大于零，则主题位于 Base Heights 之上；偏移量小于零，则主题位于 Base Heights 之下。高程的偏移量也可以通过两种方法来确定：一个值或一个表达式。表达式也可以通过菜单右面的工具来定义。

● 延伸（Extrude features）

延伸仅用于点、线、面三种主题，如前面的 Base Heights 的值是通过 Surface 来设定的，则此项不能用。延伸可以使点延伸成垂直的线，线延伸成垂直面，多边形延伸成一个三维块(或体)。图 12-5 是空间的点、线、面，图 12-6 是延伸以后的图形。

延伸值可以是一个值，也可以是一个表达式。延伸的方式有四种：① Adding to Min z Value：沿最小的 z 值向上延伸设定的值（由前面的值或表达式所定）；② Adding to Max z Value：沿最大的 z 值向上延伸设定的值（由前面的值或表达式所定）；③ Adding to Base Height：沿 Base Height 的 z 值向上延伸设定的值(由前面的值或表达式所定)；④ Using an absolute：以一个绝对的值向上做延伸，而不是相对于 Base Height 的值。

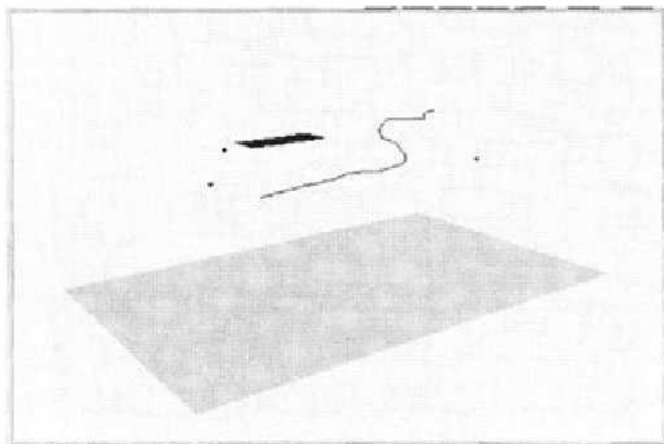


图 12-5　空间点、线、面

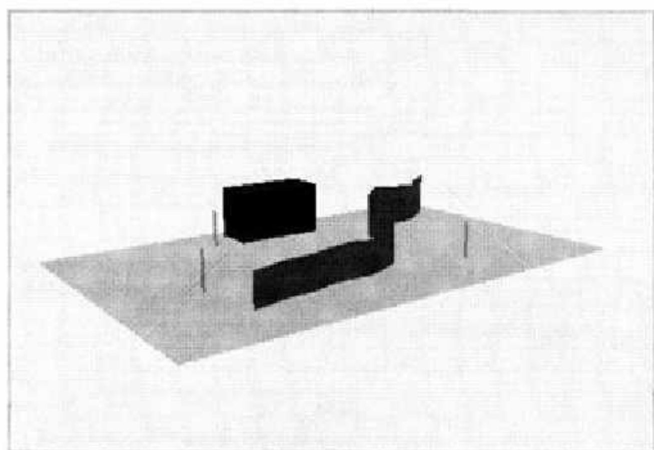


图 12-6　延伸后的点、线、面

延伸常用在把一个规则的建筑物的平面通过延伸显示成一个三维体(例子见后面)。

另外，还有一个设置阴影的复选框(Show Shading for Features)。如选中此复选框，则可产生光照与阴影的效果，有一种景深感、真实感。其光源可以在<3D Scene>下的<properties>对话框中通过改变方位角和太阳高度角来实现。

在上例中，对两个主题的三维属性修改步骤如下：

A．激活主题 DEM，点击<Theme>下的<3D Properties>命令，设置<3D Properties>下的 Base heights 为 Surface 选项，Surface 的文件名为 DEM 主题的文件名（主题是 Grid 或 TIN，一般都把 Base Heights 的值设为 Surface 选项，但同时延伸不能用），设置高程的偏移量(Offset Heights)为 0；

B．激活主题 River，点击<Theme>下的<3D Properties>，因为 DEM 主题和 River 主题离的很近，为了显示清楚，设置 Offset Heights 的值为 3；

C．点击<3D Scene>菜单下的<properties>，修改设置三维场景的属性。设置三维场景的垂直缩放因子(Vertical exaggeration factor)为 1.5，背景色(Background color)为浅灰色，太阳方位角(Sun azimuth)为 Northeast，太阳高度角(Sun altitude)为 Low。图 12-7 是这两个主题的三维显示。

2）方法二

如果要建立三维场景的各个主题都已经存在于某个工程的视图中，则可以通过以下方法来创建三维视图：

A．打开 ArcView 中的已有视图，点击<View>下的<3D Scene>（图 12-8)；

B．在随后出现的对话框中，系统会出现两个选择，询问选择以主题(Themes)方式添加到三维场景，还是选择以图像(Image)的方式添加到三维场景。如果选择以主题(Themes)方式添加到三维场景，系统会把目前视图中所有的主题都添加到新建的三维场景中。如果选择以图像(Image)的方式添加到三维场景，则系统会把目前打开的视图形成一幅图像添加到三维场景中。在本例中，选择“主题(Themes)”方式，点击 OK 确认（图 12-9)。



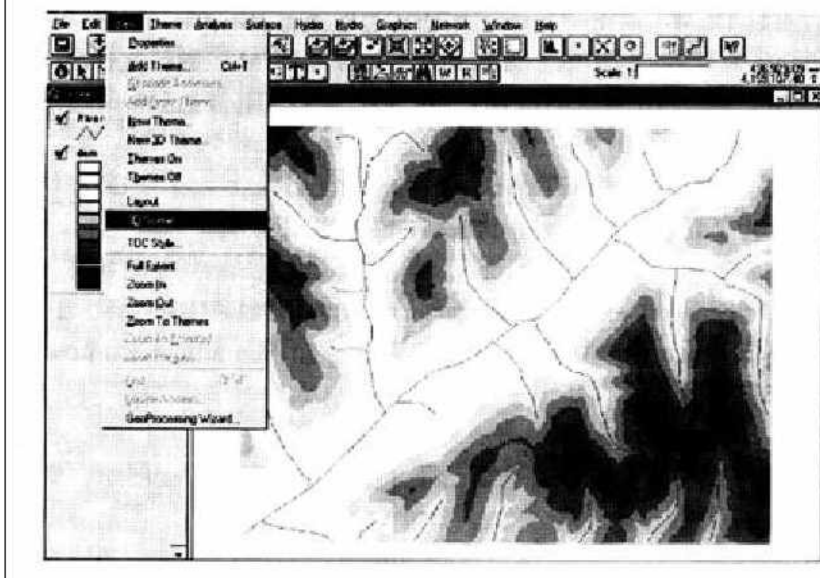


图 12-8　通过视图建立三维场景

C．在创建的三维场景中，系统会自动命名为“3D Scene+数字”，具体的数字值，是根据已存在的三维场景的数目往上累积，如果这个工程中还没有三维场景，则系统会给此三维场景命名为 3D Scene1。在创建的三维场景中，点击左侧窗口中的主题 DEM（激活 DEM 主题），点击<Theme>下的<3D Properties>命令，设置<3D Properties>下的 Base Heights 为 Surface 选项，Surface 的文件名为 DEM 主题的文件名；

D．同样，激活主题 river，点击<Theme>下的<3D Properties>，设置 Offset Heights 的值为 3；

E．点击<3D Scene>菜单下的<Properties>，修改设置三维场景的属性，包括三维场景的垂直缩放因子、背景色、太阳方位角、太阳高度角。

如果想要修改三维场景的名称，则可以通过点击<3D Scene>菜单下的<properties>，修改 Name 项则可。

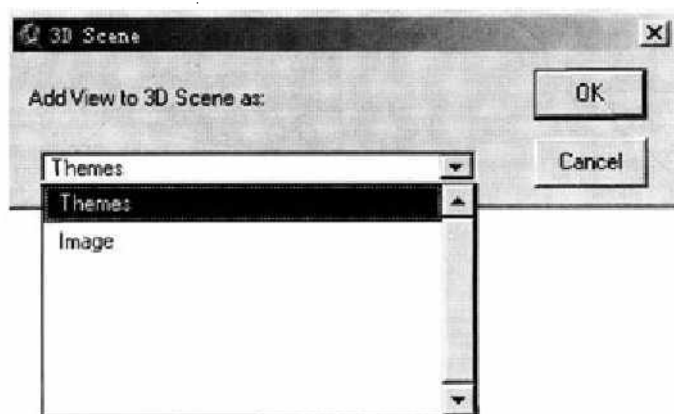


图 12-9 选择以 Themes 方式来创建三维场景

3．表面模型（GRID 和 TIN）的三维显示

真实表面是连续变化的，要想记录所有定义表面的位置是不可能的，因而都是用一种非常接近表面的模型来替代。一般都是从真实表面上抽取一些样点，然后用插值的方法来求出样点之间的值就构成了表面模型。

GRID 和 TIN 是常用的两种表示表面的模型。其中 GRID 是用规则的空间格网点来表示表面，格网中间任何一点的值可以通过加权平均的方法来估计。TIN 是用相邻的、互不重叠的三角面来表示表面，三角面上任一点的值可以通过加权平均附近三角形顶点值的方法求得。

GRID 和 TIN 模型各有优缺点。相比而言，GRID 模型比较简单、高效，TIN 模型比较精确，但比较昂贵。因此，一般 GRID 模型多用于建立区域性的、小比例尺的表面模型，而 TIN 模型则常用于建立精细的、大比例尺的表面模型。

关于这两种模型的创建见后面的章节。

这两种模型的三维显示方法类似，步骤如下：

A．双击位于工程左侧的 3D Scenes（三维场景）图标，打开一个新的三维场景；

B．按下（Add Theme 图标按钮）；

C．将 Data Source Type 设置为 Grid Data Source，浏览至 GRID 主题或 TIN 主题所在的目录下，选取 GRID 或 TIN 文件，把 GRID 或 TIN 主题添加到三维场景中；

D．在出现 3D Scene 视图后，激活并打开 GRID 或 TIN 主题，点击<Theme>下的<3D Properties>命令，编辑这个主题 3D Properties 的值，图 12-10 是 TIN 的三维显示；



图 12-10　TIN 的三维显示

选定 Surface，并输入 GRID 或 TIN 主题所在的路径及文件名，作为 Base Heights 的值。Z factor 的值设为 1，偏移量的值设为 0。选中设置阴影的复选框。

E. 点击<3D Scene>下的<Properties>命令，设置背景色为白色，设置垂直缩放因子、太阳高度角、太阳方位角的值；

在三维视图中 [illegible] 的中心图 12-11 是 GRID 的三维显 [illegible]

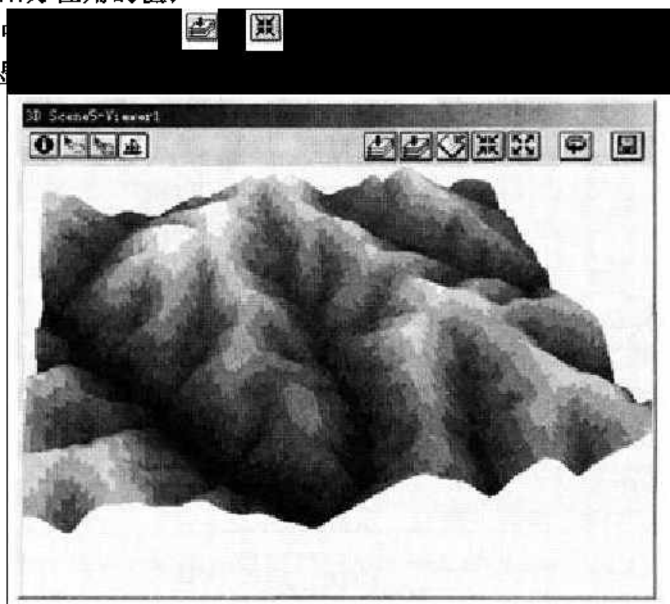


图 12-11　GRID 的三维显示

4. 二维形文件的三维显示

前面三维显示例子中的 Shapefile 均是三维形文件（3D Shapefile），对于二维形文件，也可以通过一定的设置来进行三维透视观察。

1）点数据的三维显示

要对二维点数据进行三维显示，必须确定要把二维点数据的哪一个属性字段作为 z 值来显示。本例的点主题是一系列的井位，每个井位的属性值包括井的深度值 depth 和 id 值。在本例中，把 depth 作为 z 值来显示。点数据三维显示的步骤如下：

A．打开 ArcView，双击位于工程左侧的 3D Scenes（三维场景）图标，打开一个新的三维场景；

B．按下 Add Theme 图标按钮，在随后出现的对话框中，将 Data Source Type 设置为 Feature Data Source，浏览至点主题所在的目录下，选取点主题文件，点击 OK，把点主题 A.shp 添加到三维场景中(为了突出点数据，在本例中，还添加了一个面主题)；

C．打开并激活点主题 A，点击<Theme> 下的<3D Properties>命令，编辑点主题的 3D Properties 的值。Base Heights 的值设为 Value or Expression 项，并点击这一项右面的按钮 ，在随后出现的对话框左侧会出现点主题的所有属性字段，双击深度值 depth 字段，再点击 OK 确认。三维属性的其他选项都设为默认值（z factor 的值设为 1，偏移量的值设为 0)；

D．点击<3D Scene> 下的<Properties>命令，设置背景色，设置垂直缩放因子、太阳高度角、太阳方位角的值，则最后得到的效果如图 12-12。

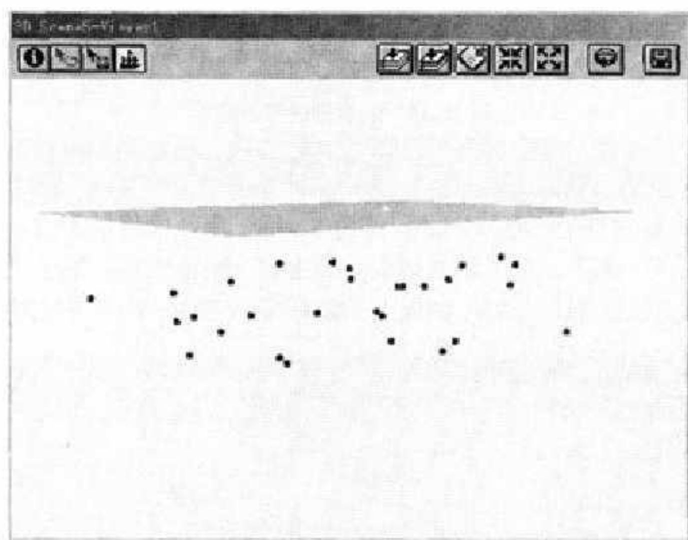


图 12-12　点数据的三维显示

2）线数据的三维显示

二维线数据要以三维形式显示，必须依据一个表面模型（即存在一个 GRID 或 TIN 主题)，然后把这个线主题的三维属性的基础高程值设置为 Surface 项，Surface 的文件名为 GRID 或 TIN 的文件名。具体操作步骤如下：

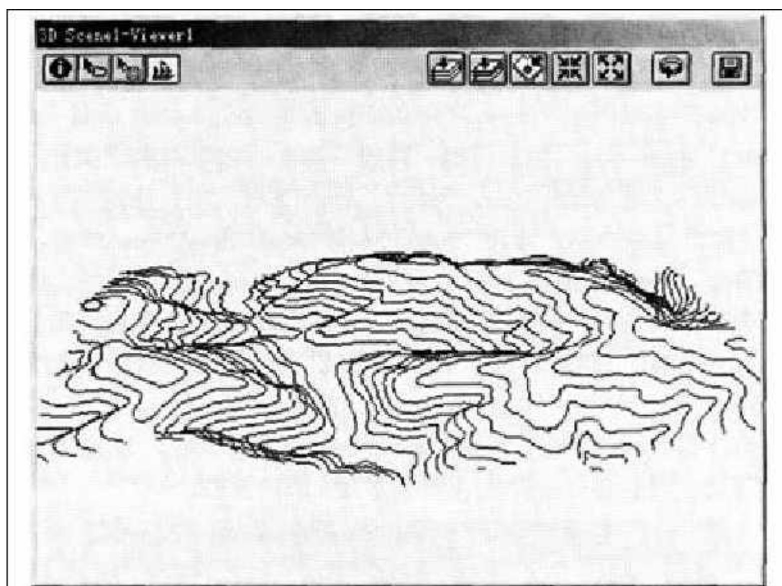
A．打开 ArcView，双击位于工程左侧的 3D Scenes（三维场景）图标，打开一个新的三维场景；

B．点击 Add Theme 图标按钮，添加线主题和 Surface 主题；

C．激活线主题，点击<Theme>下的<3D Properties>命令，编辑线主题的 3D Properties

的值。Base Heights 的值设为 Surface 项，Surface 的文件名为 Grid 或 TIN 的文件名，其他选项按默认值设置；

D．点击<3D Scene>下的<Properties>命令，设置背景色，设置垂直缩放因子、太阳高度角、太阳方位角的值，结果见图 12-13。



如果想 或 TIN 主题)，并设置 因为线主题和表面主题 的向下的偏移量（负值 2-14。

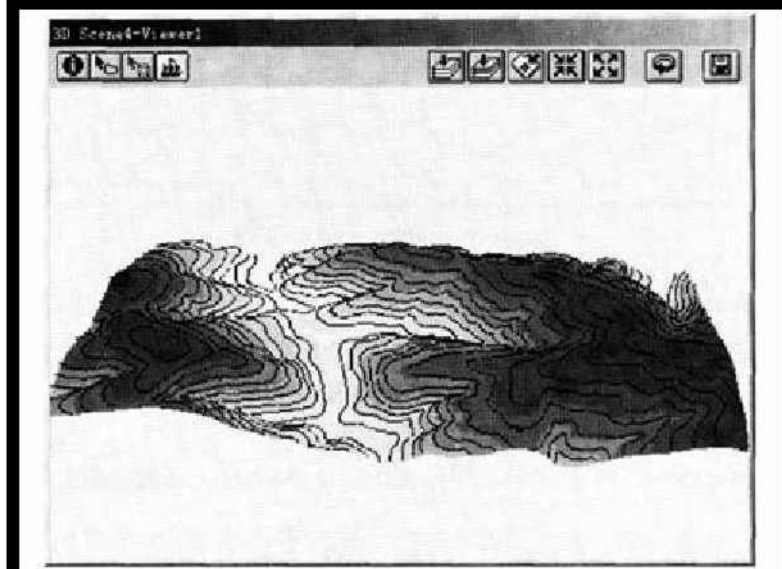


图 12-14 线和面数据的三维显示

3）多边形数据的三维显示

要三维显示的多边形数据，常常是建筑物的数据。下面，以建筑物主题和表面数据主题为例，说明多边形数据的三维显示步骤（建筑物主题的基础高程是以 Grid 主题为基础，建筑物的高度是按照每个建筑物的高度字段在表面主题的基础上向上延伸）：

A．打开 ArcView，双击位于工程左侧的 3D Scenes（三维场景）图标，打开一个新的三维场景；

B．按下 Add Theme 图标按钮，添加多边形主题（Polygon）和 Grid 主题；

C．打开并激活主题，点击<Theme>下的<3D Properties>命令，编辑多边形主题的 3D Properties 的值：Base Heights 的值设为 Surface 项，Surface 的文件名为 GRID 文件名，偏移量设为 0，延伸值的设定需点击这一项右侧的按钮，则在随后出现的对话框左侧会出现多边形主题的所有属性字段，双击建筑物高度字段，再点击 OK 确认，Extrude by 的选项设为“Adding to base height”；

D．激活并打开 Grid 主题，并设置其三维属性的 Base Heights 的值为 Surface 项，其他按照默认值；

E．点击<3D Scene>下的<Properties>命令，设置背景色，设置垂直缩放因子、太阳高度角、太阳方位角的值；

F．双击多边形主题的图例，打开图例编辑器；

G．将 Legend Type 设置为 Unique Value，将 Value Field 设置为 ID，点击 Apply 确认，则每个建筑物的颜色都不同，结果见图 12-15。

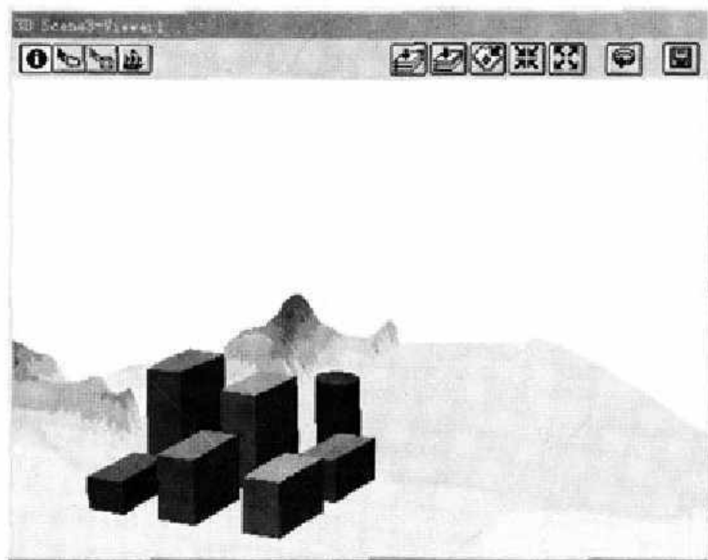


图 12-15　多边形数据的三维显示

4）遥感影像与各类数据的复合三维显示

A．准备一个区域的遥感影像文件，数据格式为 JPG 或 TIFF，再准备同一区域的点状主题、线状主题（道路、管线等）、面状主题（建筑物等）及 DEM 数据；

B．要调用影像文件，首先要通过<File>下的<Extensions>复选框来添加 Jpeg Image

Support 选项或 TIFF 6.0 Image Support 选项；

C．在 ArcView 下，同时打开点状主题、线状主题、面状主题、DEM 主题、遥感影像。注意：点状、线状、面状主题是 Feature 数据，DEM 数据是 GRID 数据，遥感影像是 Image 数据。打开时须进行数据类型的转换；

D．点击<View>下的<3D Scene>命令，对“Add View to 3D Scene as”的选项，选择 Themes；

E．在三维视图下，对每一主题，调用<Theme>下的<3D Properties>命令，设置其三维属性；

F．对点、线主题，设置 Base Heights 的值为 Surface 项，文件名为 DEM 数据的文件名，Offset Heights 的值设为 1（或根据 DEM 的相对数值，设为较小的一个值），Extrude Features 的值设为 0；

G．对面主题，设置 Base Heights 的值为 Surface 项，文件名为 DEM 数据的文件名，Offset Heights 的值设为 0，Extrude Features 的值设为建筑物高度（通过使用右边的工具，双击建筑物高度字段来完成），延伸的方式为“Adding to Base Height”；

H．对于 DEM 主题和遥感影像主题，设置 Base Heights 的值为 Surface 项，文件名为 DEM 数据的文件名，Offset Heights 的值设为 0，Extrude Features 的值也设为 0；

I．再点击<3D Scene>下的<Properties>命令，设置背景色，设置垂直缩放因子、太阳高度角、太阳方位角的值；调整各个主题的上下位置，点、线主题放在最上面，面次之，DEM 和遥感影像主题放在最下层，最后得到的图如图 12-16 所示。

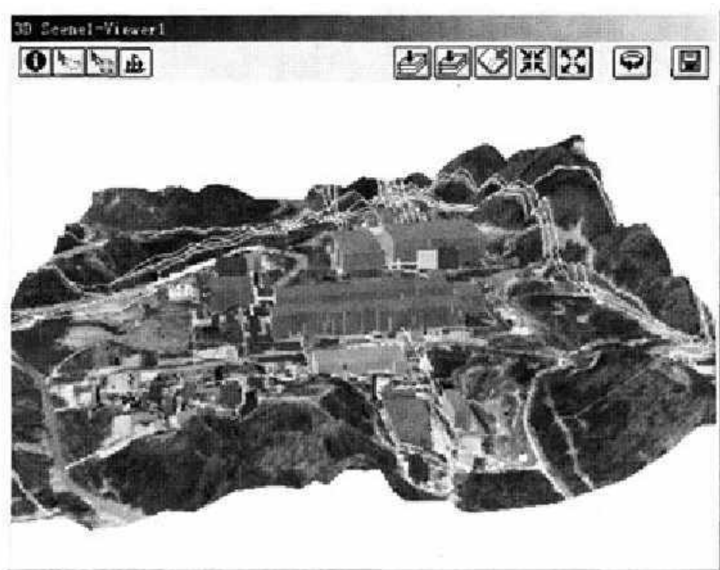


图 12-16 遥感影像与各类数据的复合显示

第二节 三维形状的创建

上述二维形文件的三维显示只是对二维主题定义了一个三维属性，是临时的，如

果想不加任何附加数据就以三维的方式显示，则还需把二维形文件存储为三维形状，三维形状的高度值可以由主题的一个属性值字段或一个表面主题或一个固定值来确定。

1．用一个点主题的属性字段代表高度，创建三维点主题

A．激活点主题 A.shp；

B．点击<Theme>菜单下的<Convert to 3D Shapefile>；

C．选择 Attribute 为<Get Z values from>的选项，按 Ok 确定；

D．从出现的下拉列表中，选择 Elev 为三维点主题的高程值；

E．在随后出现的对话框中，输入新的点主题的文件名 AA.shp，并按 OK 确认；

F．在询问是否将新建的 Shape 文件添加为一个主题时，选择 yes。

新生成的点主题，是一个三维的点集，每个点都有三个值（x, y, z），（x, y）表示点的坐标，z 表示其高程值或某一方面的属性值。

2．根据表面模型的值来创建三维线主题

创建三维形状，还可以根据一个表面模型的值来创建。例如，一条河流或一条道路，在现实中是一个三维形状，并且其每一点的值就是根据地表的表面模型（DEM 或 TIN）得到的。所以创建这种三维形状只需把得到 z 值的选项设为“Surface”即可。方法如下：

A．激活线主题 Road.shp；

B．点击 Theme 菜单下的<Convert to 3D Shapefile>；

C．选择 Surface 为<Get Z values from> 的选项，按 OK 确定；

D．从出现的对话框中，选择表面模型的文件名；

E．在随后出现的对话框中，输入新的线主题的文件名 Road3d.shp，并按 OK 确认；

F．在询问是否将新建的 Shape 文件添加为一个主题时，选择 yes。

得到的这个三维线主题，因为和表面是同一高程，所以在三维场景显示时，可以把表面主题关闭，或者在设置线主题的三维属性时，给 Offset Heights 选项输入一个小值，将道路的高程相对于表面提高几个单位。

另外，在三维场景中对三维形状进行观察时，为了提高交互执行的速度，软件会根据重绘一个主题的时间，切换到一个简化的主题的样式，就像一个三维的盒子。

3．交互创建三维形状

三维形状除了可以通过二维数据转换外，还可以通过交互方式用鼠标来创建。

A．在视图中添加 GRID 或 TIN 主题；

B．打开并激活 GRID 或 TIN 主题；

[illegible] 工具按钮，则会在下拉列表中出现三个工具按钮 、 、 ，[illegible]点、内插线，点击一个功能键执行；

D．内插点：在视图中合适的位置单击鼠标左键即可；

内插线：连续单击鼠标左键输入，双击则完成线的输入；

内插面：连续单击鼠标左键输入，双击则完成面的输入；

E．选择<Edit>菜单中的<Select all Graphics>；

F．点击<Windows>窗口中的<Show Symbol Window>选项，调整所绘图形的颜色、宽度等；

G．点击<Edit>菜单中的<Copy Graphics>;

H．关闭视图窗口，在 ARCVIEW 的项目窗口中，双击 3D Scene 图标，新建一个三维场景；

I．在三维场景中添加 GRID 或 TIN 主题；

J．点击<Edit>中的<Paste>，则将三维图形粘贴在三维场景中。在三维场景中，每个图形是以一个三维的盒子包围着显示出来。

第三节　表面模型的创建

表面可以由多种类型的数据源创建而成。首先，可以通过导入 USGS DEM，或 DTER 文件，或原始 ASCII 文件，或者是众多影像格式的一种，来创建生成 GRID；还可以利用点数据通过 IDW、Spline 或 Kriging 等插值方法创建生成 GRID。而 TIN 模型则可以由用点、线、多边形表达的三角测量特征创建而成，或者由 GRID 表面模型创建。

1．创建栅格表面（GRID）

遍历研究区域中的每个位置以测量该位置的高度、大小或某种特性通常都是困难的，或者是昂贵的，因而一般都是采用抽样的方法，按照一定原则，选出一些样点进行测量，然后使用插值函数，估计出所有其他位置的值。输入的点可以是规则的空间点，也可以是离散点，它们都含有高度、大小或某种特性的值。

对输入的点进行插值，生成规则栅格网，通常有四种插值(生成表面)的方法：距离反转权重法（IDW）、样条函数法（Spline）、克里格法（Kriging）以及多项式趋势法（Polynomial trend）。每种方法都有其独特之处，都有一些基本的假设，适用于不同的源数据和应用。3D 模块可以直接调用 IDW 和 Spline 方法，而 Kriging、Polynomial trend 则可以通过 Avenue 来调用。

从点主题创建栅格表面(GRID)的步骤如下：

A．给视图中添加一个点主题并激活；

B．点击<Surface >菜单下的<Interpolate Grid>，在随后的对话框中输入生成栅格的范围、栅格单元的大小或栅格的行列数；

C．选择插值方法及参数，即可得到一个新的栅格表面。

2．创建 TIN

三维分析可以允许用两种方法来创建 TIN：① 用点、线、面主题的任意组合(矢量主题)来构建 TIN，此时不需要点、线、面主题都有 z 值，但要求输入的主题中至少有一个主题有 z 值。② 用 GRID 来构建 TIN。

1）用矢量特征来创建 TIN

可以在视图中或三维场景的文档中，使用被激活主题的特征作为输入值来创建 TIN。

A．输入包含您想从视图或三维场景的文档中创建 TIN 的矢量主题；

B．单击内容列表中的图例并激活主题；

C．点击<Surface>菜单下的<Create TIN from Features>；

D．在“Create New TIN”对话框中定义每个主题的数据使用方式。

在“Create New TIN”对话框中，对某一个主题需要指定高程源(Height Source)，以何种表面特征输入(Input as)，以及选某一个字段的值来作为属性信息(也可以为None)。

◆ 高程源（Height Source）：一般包括“Shape”，“None”及主题中存在的任一数字属性字段。当这一主题是三维形状（主题）时，选“Shape”；当这一主题无高度属性时，可选“None”。但要保证其他主题中至少有一个主题必须有高度值。

◆ 表面特征类型（Input as）：这个选项要根据输入的主题是由何种类型的主题构成而变化。对于点主题，只有惟一的表面特征类型：Mass Points；对于线主题，则有 Mass Points，Hard Breaklines，Soft Breaklines 三种类型。对于多边形主题，则选项为：Mass Points，Hard Breaklines，Soft Breaklines，Hard Clip Polygons，Soft Clip Polygons，Hard Erase Polygons，Soft Erase Polygons，Hard Fill Polygons，Soft Fill Polygons。

表面特征类型会影响到构建 TIN 的过程以及最终影响表面的定义。以下是 TIN 所支持的表面特征的类型：

Mass points：独立点；

Breaklines：表达一个或多个三角形边界的线性特征；

Clip Polygons：表示多边形外的所有区域均被标志为插值区域；

Erase Polygons：表示多边形内的所有区域均被标志为插值区域；

Fill Polygons：表示所有落在多边形之内的三角形被指定为整数属性值。

对线和面特征可以分为“硬（Hard）”或“软（Soft）”。硬特征表示突变的事物（如道路、河流等指示坡度突变），而软特征表示连续的事物（如连续的山脊线等）。

◆ 指定顶点和三角形的值：通过“Value Field”下拉列表，可以为输入主题的顶点或三角形设置值。这个选项的值当表面特征类型为 Mass Points 时被指定给顶点，当表面特征类型为多边形类型时被指定给三角形。只有存在这两种表面特征类型时，此选项才可用。

2）用 GRID 来创建 TIN

要将 GRID 转化为 TIN，只需指定输出 TIN 所需要的、相对于源 GRID 的垂直精度，三维分析会自动选择出满足特定精度所需的输入栅格中心的子集，并将它们做为创建 TIN 的点。

指定的垂直精度值越小，创建的 TIN 越精致，数据量也越大，TIN 所需的时间也越长。用 GRID 创建 TIN 的步骤如下：

A．在视图或三维场景中添加一个 GRID 主题，并激活；

B．点击<Theme>下的<Convert GRID to TIN>；

C．输入创建的 TIN 文件的路径和名称，点击 OK 确认；

D．输入(或修改)构建 TIN 所需要的垂直精度(一般三维分析模块会给一个默认值)；

E．在询问是否把 TIN 做为一个主题添加到视图（或三维场景）时，点击 Yes 确认。

3. TIN 的显示

TIN 主题可以显示点、线、面等多种特征，这些特征可以独自显示，也可以同时显示，还可以以任意组合的方式显示。

三维分析为 TIN 主题提供了一种特殊的图例编辑器，通过该编辑器，可以控制所要显示的特征并对其进行符号化。TIN 的显示可以通过双击视图或三维场景中的 TIN 主题的图例，通过图例编辑器来完成。TIN 的图例编辑器如图 12-17。

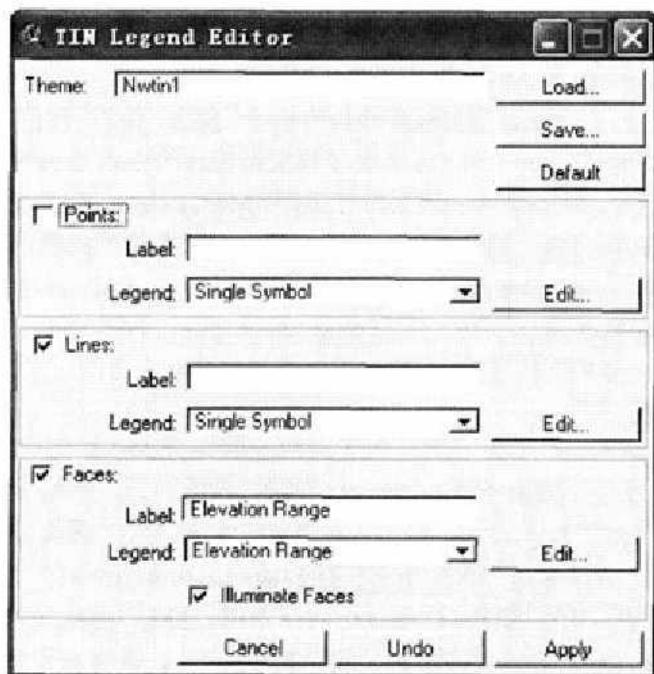


图 12-17　TIN 的图例编辑器

1）以点来显示 TIN

通过显示出 TIN 的点或顶点的疏密，可以确定区域表面的复杂程度。以点来显示 TIN，可以有两种图例类型，一种是单一符号（Single Symbol），另一种是按照其高程范围(Elevation Range)以渐变色来显示。

（1）点击内容列表上 TIN 主题的图例，打开图例编辑器（图 12-17）。

（2）选中 Points，关掉 Lines，Faces。

（3）在点（Points）的 Legend 下拉列表中选择 Single Symbol，以单一的点状符号（所有点的颜色相同）来显示 TIN，要改变点符号的颜色、尺寸、样式，则可以按下拉列表右边的 Edit 按钮，在图例编辑器中编辑。

从点(Points)的 Legend 下拉列表中选择 Elevation Range，则按照其高程范围(Elevation Range)以渐变色来显示 TIN，要改变点符号的分级、色彩、尺寸、样式，则可以按下拉列表右边的 Edit 按钮，在图例编辑器中编辑。

（4）点击 Apply 应用。

图12-18是用单一点状符号来显示的TIN主题，图12-19是用渐变色按高程范围来显示的TIN主题。

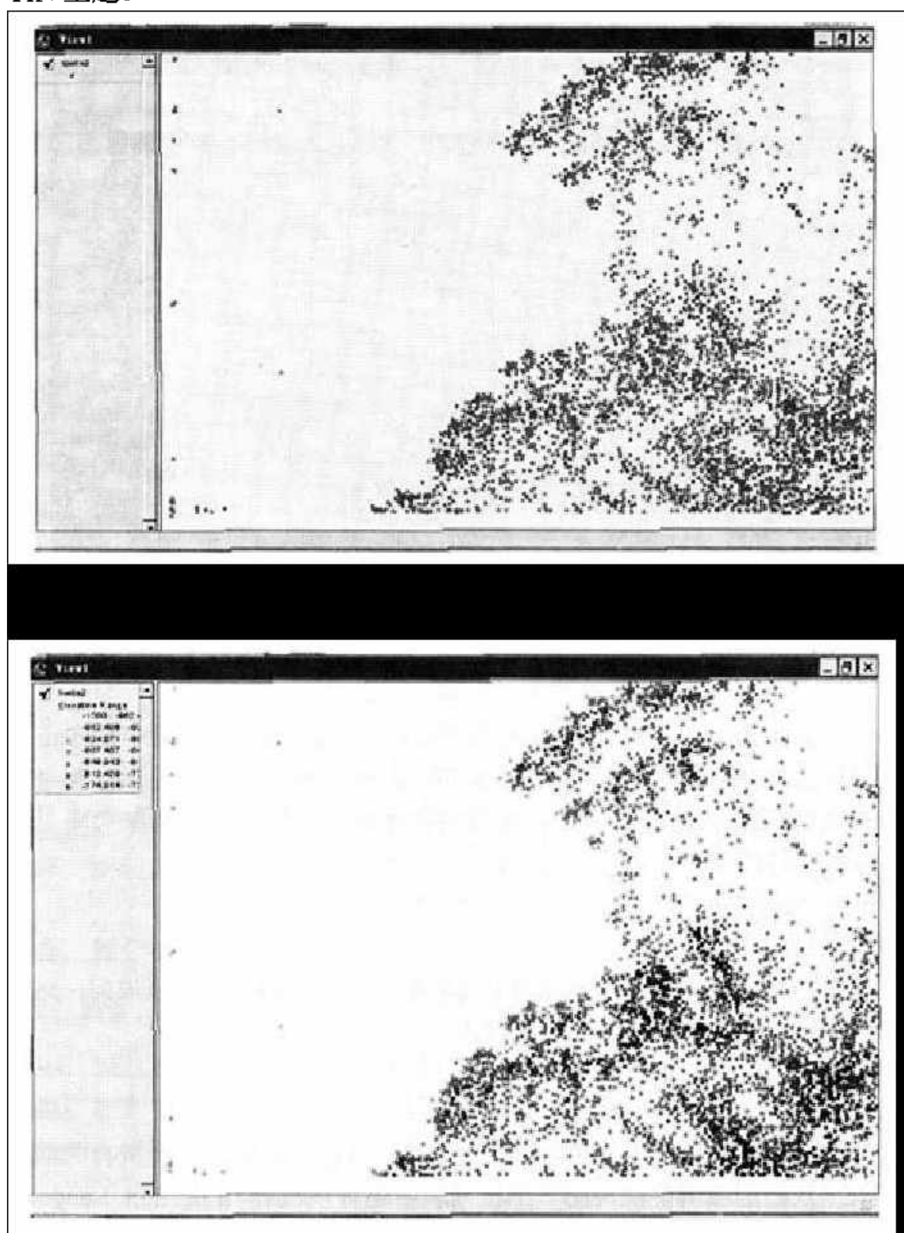


图12-19　按高程范围以渐变色显示的TIN主题

2）以线来显示TIN

以线的方式来显示TIN，可以直接观察到TIN模型的几何结构和框架；可以使用同一种线的符号显示所有的三角形的边界，也可以在一些边有特殊的性质时，使用不同的符号。

（1）双击内容列表上TIN主题的图例，打开图例编辑器。

（2）选中Lines，关掉Points，Faces。

（3）从线（Lines）的 Legend 下拉列表中选择 Single Symbol，以单一的线符号(所有线的颜色相同)来显示构成 TIN 的三角形的边界（图 12-20），要改变线符号的颜色、粗细、样式，则可以按下拉列表右边的 Edit 按钮，在图例编辑器中编辑。

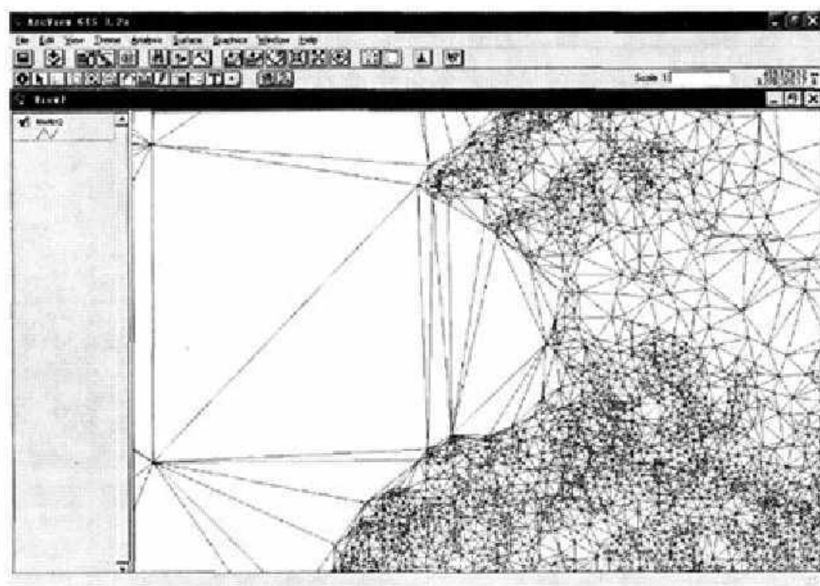


图 12-20　使用单一符号显示 TIN 主题的三角形边界

从线（Lines）的 Legend 下拉列表中选择 Breakline Features 或者 All Feature Types。则可以显示构成 TIN 的其他的线或多边形特征。要改变线符号的色彩、粗细、样式，则可以按下拉列表右边的 Edit 按钮，在图例编辑器中编辑，但前提是 TIN 是由这些线或多边形来构建的。

（4）点击 Apply 应用。

3）以面来显示 TIN

以面的方式来显示 TIN，可以观察山体阴影、高程范围、坡度或坡向，这是因为每个三角形的面都有其高程范围、坡度和坡向。

（1）点击内容列表上 TIN 主题的图例。

（2）选中 Faces，关闭 Points、Lines。

（3）在面的图例（Legend）下拉列表中选择 Single Symbol，则所有的面将用同一颜色来显示。从面的图例（Legend）下拉列表中还可以选择 Elevation Range，Slope，Aspect，则所有的面将按照面的高程、坡度、坡向来分色显示。选中 Illuminate Faces，则可以产生浮雕效果，每个面的亮度随着三角面的高程、坡度、坡向而变化。要改变山体阴影的色彩，可以点击 Faces 下拉列表右面的 Edit 按钮来修改。图 12-21 是采用高程范围分类的 TIN 主题的三角面的显示。

（4）点击 Apply 应用。

TIN 可以单独以点或线或面来显示，还可以点、线、面同时显示，也可以以这三种的任意组合来显示。

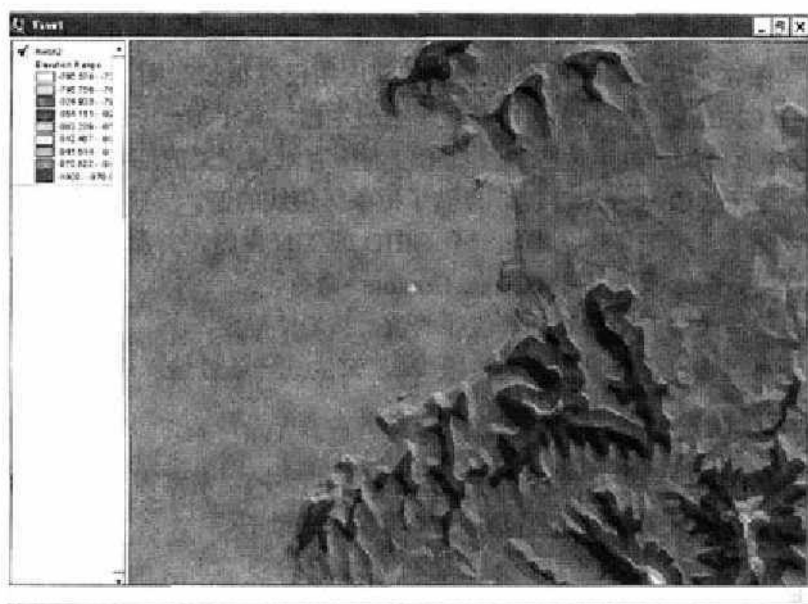


图 12-21 采用高程范围分类的 TIN 主题的三角面的显示

第四节 表 面 分 析

许多地理分析都要使用到地形表面，如水文分析、可视区分析等，而其他的分析也要用到其他的表面类型，如土壤中的地下水深度、营养元素的含量、人口密度等。这么多的现象主要是由表面构成的，对这些表面现象进行分析就是理解这些现象的有效方法。

以下是三维分析模块的主要功能：

1．表面信息的查询

在 GRID 或 TIN 主题内，要想得到表面任一位置的信息，只要将 GRID 或 TIN 做为一个主题添加到视图或三维场景中，打开并激活，然后选择识别工具按钮，将光标置于视图中的相应位置，单击鼠标即可。弹出的查询结果窗口中左边的面板中列出了用光标输入的位置的 x, y 坐标，而窗口右边的面板上则列出了所选择位置的信息。对于 GRID 主题，右边面板上列出了指定位置栅格单元的高程值，对于 TIN 主题，则列出了该处的高程、坡度、坡向等信息。

2．创建坡度、坡向主题

对 GRID 或 TIN 主题，可以通过选择 Surface 菜单下的 Derive Slope，Derive Aspect 两个选项，生成两个新的主题：坡度、坡向主题，这两个主题都是 GRID 类型。如果您用的是 TIN 主题，则不必创建新的主题，而直接编辑 TIN 的图例编辑器，用 TIN 的坡度、坡向来显示即可。

3．创建等值线

等值线地图常常用来表示连续的表面，其应用已有很长时间了。创建等值线，将从一个输入的 GRID 或 TIN 主题中产生一个线主题，其中每一条线表示输入的 GRID 或 TIN 主题中具有同一高度、数量或集中度的所有毗邻位置的连线。创建的等值线主题中，将包含一个“Contour”字段，存储了每条等值线的值。

（1）在视图或三维场景中，添加一个 GRID 或 TIN 主题，并激活。

（2）选择<Surface>菜单下的<Create Contour>命令。

（3）输入等值线的间距和基础等值线的值，按 OK 确定。

另外，还可以通过创建等值线的按钮 ，来生成一条过输入点的等值线。

4．地形剖面图的制作

在工程方面(如在公路、铁路、管线等的设计过程中)，常常需要制作剖面图。剖面图的制作是以制作区域的 GRID 数据或 TIN 数据为基础的。

剖面图的制作方法如下：

A．激活制图区域的 GRID 或 TIN 主题层；

B．单击 Interpolate Line 的工具按钮 ；

C．以 GRID 或 TIN 主题的内容为参考，用鼠标画一条多义线，单击鼠标左键表示多义线的节点，双击鼠标左键画线结束；

D．关闭或最小化视图窗口，打开一个新的 Layout；

E．单击 Profile Graph 工具 ；

F．用鼠标左键拖动定义一个矩形边界（此边界用于放置产生的剖面线图）；

G．根据需要修改 Profile Graph Properties 对话框中的缺省设置，再点击 OK。

通过以上步骤可以得到所绘多义线的剖面图（图 12-22）。当然，对得到的剖面图，还可以改变其位置和大小。如果改变了大小，则剖面图上方的垂直放大比例就不是很准确了。

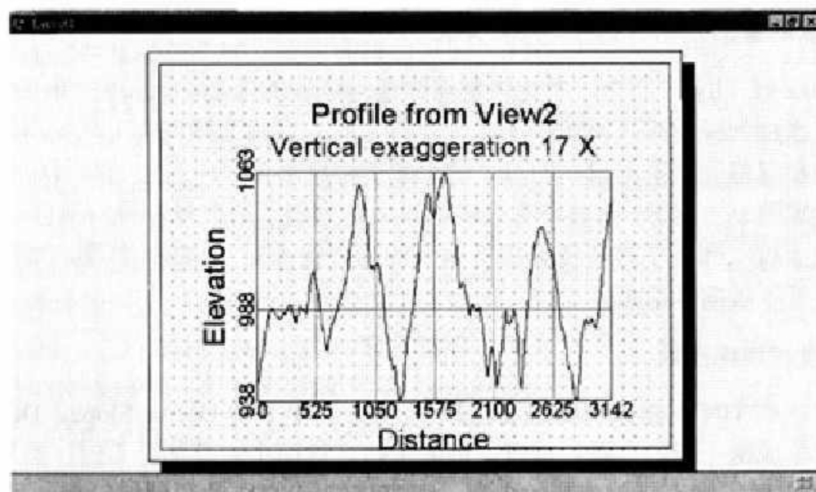


图 12-22　地形剖面图

对已经制作好的剖面图，可以把其放在其他软件下进行修改，步骤如下：① 在Layout下，点击EDIT下的Select All，全部选择，再点击EDIT下的复制命令，复制到剪切板上；② 打开其他的软件如Corel Draw 或Word等，新建一个文件；③ 选择粘贴命令；④ 取消组合或解散群组，则可以对需要的地方进行编辑。

5. 测量面积和体积

使用三维分析可以测量表面面积和体积，同时还可以测量两个表面之间容积的差异——进行剪切、填充分析。

表面面积是沿表面的坡度进行测量，并将高度考虑在内，计算出的面积总要大于二维平面测量的面积。

体积是计算 TIN 表面和位于任何指定高程的水平面之间的立体空间，可以是平面之上的，也可以是平面之下的。测量体积，在实际应用中一般用来计算土方量。

三维分析测量面积和体积，要在激活 TIN 主题下，调用<Surface>下的<Area and Volume Statistic>才可以实现。如果是GRID数据，则必须转换成TIN主题。

（1）激活TIN主题。

（2）点击Surface下的Area and Volume Statistics。

（3）输入一个基础高程，这将作为测量面积和容积的水平平面。

（4）指定要测量的是平面上还是平面下的面积和容积。

（5）按OK确认。

在确认后会出现一个对话框，显示二维平面面积、表面积及体积(图12-23)。

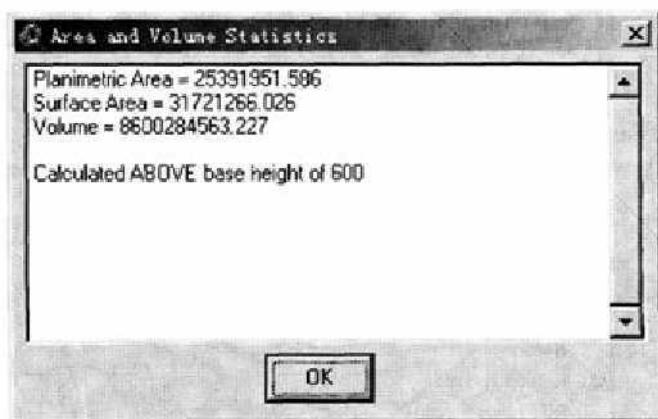


图12-23　TIN表面的面积和容积计算结果

有时，还会分析比较两个表面模型前后的变化，这时需要调用Surface下的Cut Fill。其前提是激活前、后两个主题。

ArcView的三维分析还可以进行可视域的分析、寻找最短路径等。具体的方法见前面的章节。

第十三章　ArcView 网络分析

第一节　ArcView 网络分析概述

1. ArcView 网络分析简介

一组互相连接的线状特征构成的系统称之为网络，如公路、铁路、河流、电力线、电话线、城市给排水管线等。对地理网络进行分析和模型化，筹划一项网络工程，并使其运行效果最好，例如从一地到另一地的最短路径、一种资源的最佳分配等是网络分析功能所要解决的主要问题，这类问题在社会经济活动中不胜枚举，因此在地理信息系统中研究网络问题具有重要意义。

ArcView 网络分析扩展模块 Network Analyst 主要解决网络问题，归纳起来，它有以下三种主要功能：

- 寻找最佳行进路线，如：找出两地通达的最佳路径。
- 确定最近的公共设施，如：引导最近的救护车到事故地点。
- 创建服务区域，如：确定某零售店的服务区域，从而查明区域内的顾客数等等。

在本章将通过三个典型例证介绍 ArcView 网络分析模块的主要功能。

2. ArcView 网络分析模块的装入

（1）双击 ArcView 图标。

（2）从〈Files〉菜单选择〈Extensions〉命令，在 Extensions 对话框中选中 Network Analyst（图 13-1），单击 OK，装入 Network Analyst 空间分析扩展模块。

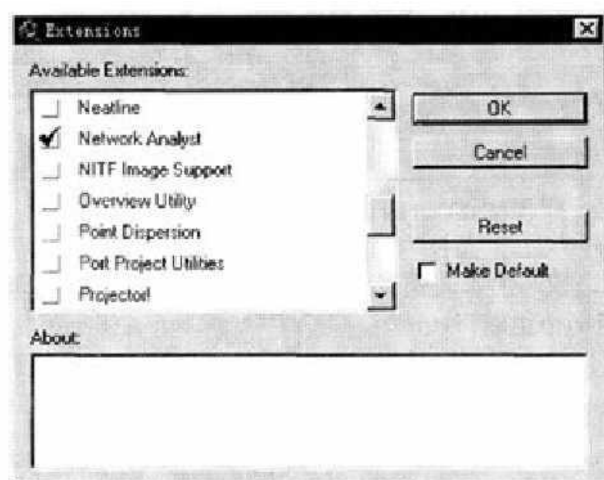


图 13-1　Network Analyst 模块的装入

第二节　ArcView 网络分析的基本功能

1．寻找最佳路径

在两地或多个地点之间选择一条最佳路线，对于不同的准则最佳路线有不同的含义，例如：如果要节省时间，则希望选择最快的路线；若费用是首先考虑的因素，则须选择费用最低的路线。在 Network Analyst 中，最快、最短、最少费用等条件均可作为选择最佳路径的基本限定条件，与之相关的是在网络主题的特征表中选择合适的费用字段。费用字段可为距离或行驶时间单位。如果寻找行驶时间最短的路线，单位为分钟或小时；如果寻找距离最短的路线，单位可为公里或英里。

寻找最佳路径功能主要包括确定两点间的最佳路径和多点间的最佳路径。

例：为邮递员设计最佳投递路线，该路线应是投递时的最短路线，并选择最有效率的投递顺序。具体的操作如下：

（1）在视图目录表中添加城市街道的网络线主题 Streets 和投递点主题 Diliveries（图 13-2）。



（2）

（3）出现路径 Route1 对话框，单击 Properties... 按钮，在下来出现的 Properties 对话框中（图 13-3），从 Cost Field 下拉列表中选择街道主题属性表中的一个字段作为费用字段来计算最佳路线。此字段表示在某一属性特征上行驶的费用，费用可以是所需的平均时间或平均距离。在 Network Analyst 中，缺省使用线的长度（line length）来计算两地的最短路径。

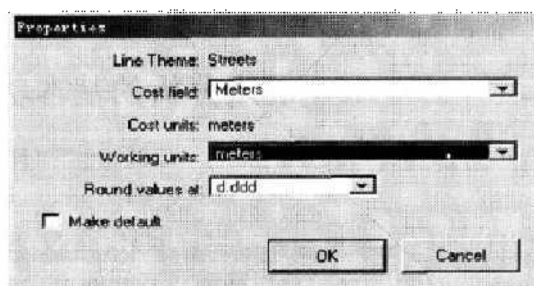


图 13-3　定义费用字段与工作单位

从 Working Unit 下拉列表中选择工作单位，工作单位确定了该路线的总的费用，例如：在该路线上行驶所需的时间或距离。如果用〈line length〉作为费用字段，该视图的距离单位将作为工作单位。要选择距离单位，请先从〈View〉菜单选择〈Properties〉命令,在 View Properties 对话框中设定距离单位，单击 OK 即可。在本例中选择 Meters(街区长度)作为费用字段，Meters 为工作单位。

（4）同时，在视图中添加缺省名为“Route 1”的新主题来包含最佳路线。

（5）在街道主题上指定投递起点（邮递员从邮局出发点）及各个投递站点，在 Network Analyst 中有三种方法可以选择访问站点：

● 从工具栏中选择添加位置工具，在线主题上用鼠标直接点击，确定起点与各投递点。

● 从〈Network〉菜单选择〈Add Location by Address〉命令，在 Locate Address 对话框中输入站点的地址（图 13-4），用地址指定位置，此过程为地址编码（Geocoding）。地址编码将地址转换为一个点并将之添加到当前视图上，其地址属性存放于该线主题属性表中特定的地址域中。关于地址编码的详细内容，参见 ArcView 基础知识的有关章节。

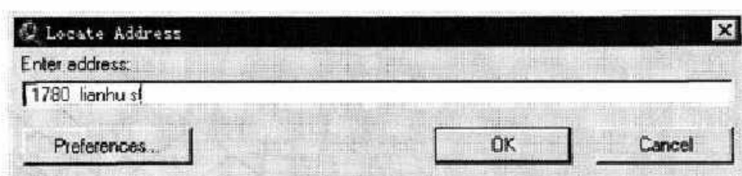


图 13-4　输入站点的地址

● 在 Route1 对 …… Stops 对话框中添加一个点主题作为 ……

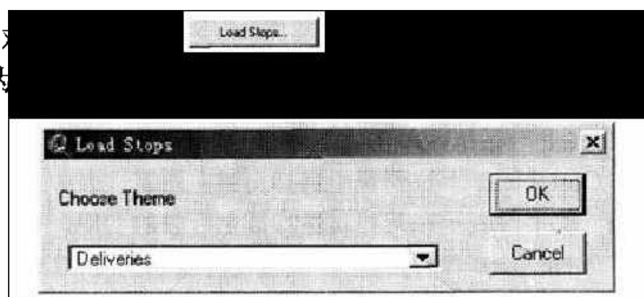
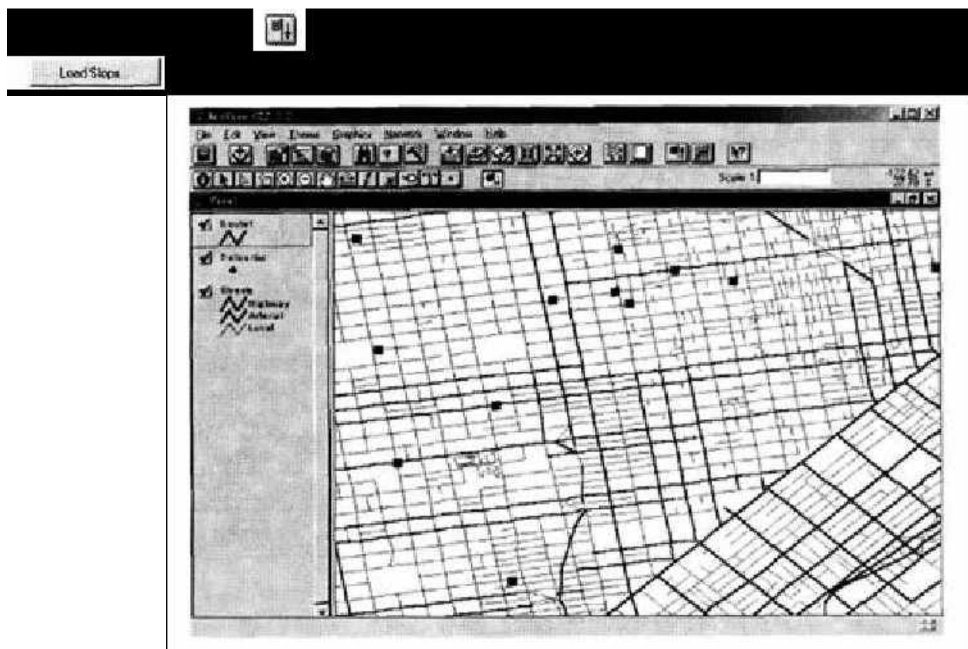


图 13-5　Load Stops 对话框

置，按下



当指定……中。
列表中第一……访问；
要改变访问   按钮
可删除站点

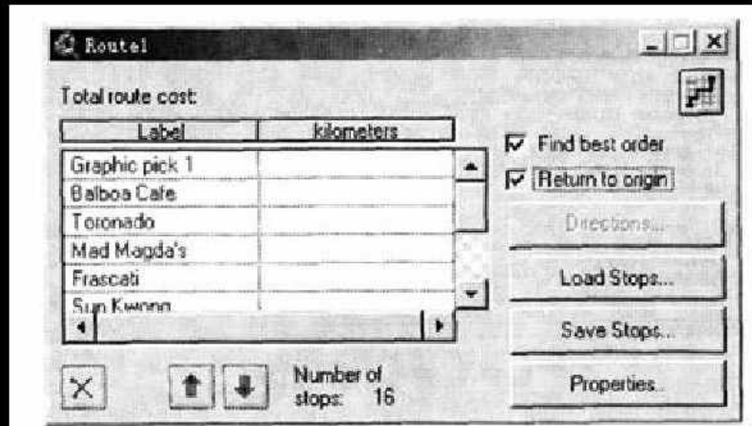
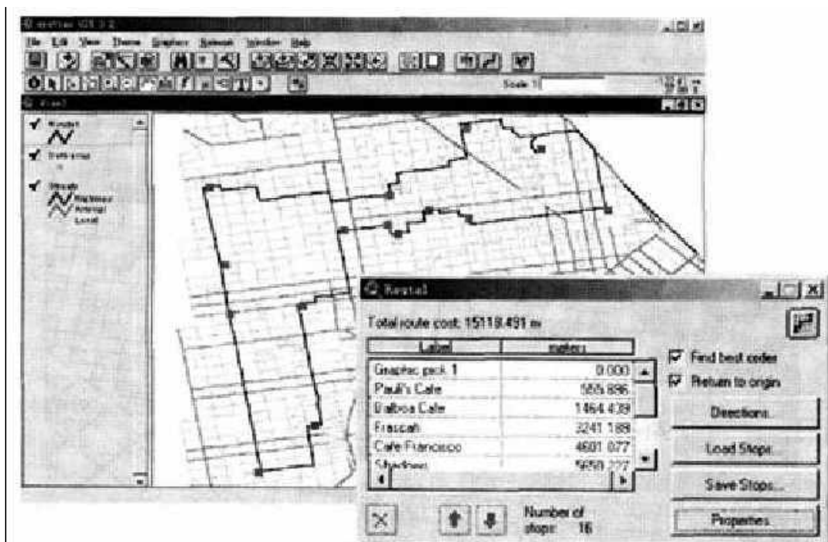


图 13-7 Route1 对话框

（6）邮递员投递完毕之后须返回邮局，选中 Route1 对话框中的 Return to origin 复选框，保证路线的终点是邮局；选中 Find best order 复选框，得出最有效的投递顺序(图 13-7)。

（7）单击 solve 按钮 ，计算投递的最短路线，其路线显示在 Route 1 主题中；穿过该路线所需的距离显示在 Route1 对话框中站点列表中的 miles 栏中(图 13-8)。



（8）



生成的

最佳路线

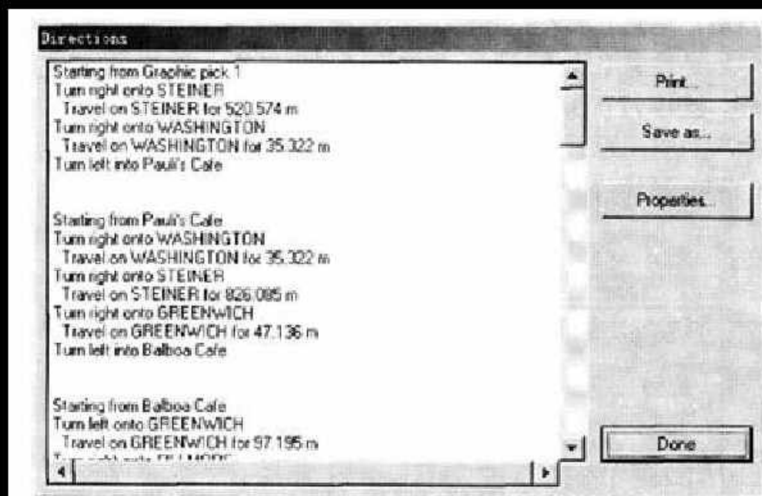


图 13-9　对路线的详细说明

2．确定最近设施

目的为在网络路径上找出距某一位置最近的设施，并设计到达这些设施的最近路线。最近设施是指能够提供某种特定的服务，并距某一位置(发生的某一事件)最近的任何设施。例如：对一场火灾来说，最近设施是指最近的消防栓；对一起交通事故来说，它是指离事故现场最近的能够提供急救服务的医院；而对于一个家庭的日常生活来说，最近设施又是指距住宅最近的零售店或超市。

根据需要，最近设施可以是一个或多个。寻找最近设施时，路线的行进方向可从

事件到设施，或者从设施到事件。如：家庭主妇要到最近的商店购物，路线的行进方向是从家到该商店；当为一处火灾找出最近的消防站时，此时的行进方向是从消防站到火灾现场。因为交通方式、行驶速度、单行线及禁止转弯等因素的影响，路线行进方向不同，最近设施的位置将会有很大的差别。

确定了最近设施的位置后，还需设计到达他们的最佳路线。Network Analyst 模块在找到最近设施的同时给出最佳路线。

例：为一起交通事故寻找最近的医院。

（1）在视图目录表中添加包含医院位置的点主题 Hospitals（图 13-10）。



图 13-10 添加医院点主题

设施位置的添加有以下几种方法：

- 如果设施位置存放于 Shape（.shp）文件或 ARC/INFO coverage 中，从菜单中选择 Add Theme 或工具栏中按钮添加。
- 如果设施位置存储在 dBASE 或文本文件中，并且是地址信息，则应进行地址编码，并从〈View〉菜单选择〈Add Event Theme〉命令，将编码后的设施位置主题添加到当前视图中。
- 如果设施位置以 x、y 坐标的形式存储在 dBASE 或文本文件中，用〈Add Event Theme〉命令将其添加到当前视图中。
- 如果没有设施位置的文件，可从〈View〉菜单选择〈New Theme〉命令为其创建一个新的主题，由数字化输入设施位置。

（2）激活街道线主题 Streets.shp。

从〈Network〉菜单选择〈Find Closest Facility〉命令,打开设施 Fac1 对话框(图 13-11)，同时，在视图目录表中添加缺省名为“Fac1”的新主题来包含事件到最近设施的最佳路线。

（3）在 Fac1 对话框中单击 Properties... 按钮，出现 Properties 对话框，从线主题的特征表中选择费用字段，本例中为 Meters(距离)，Network Analyst 将根据此字段来查询

最近设施。同时指定工作单位，本例中为 meters（米），Network Analyst 将根据此单位来计算通向最近设施所需的总开销，单击 OK。

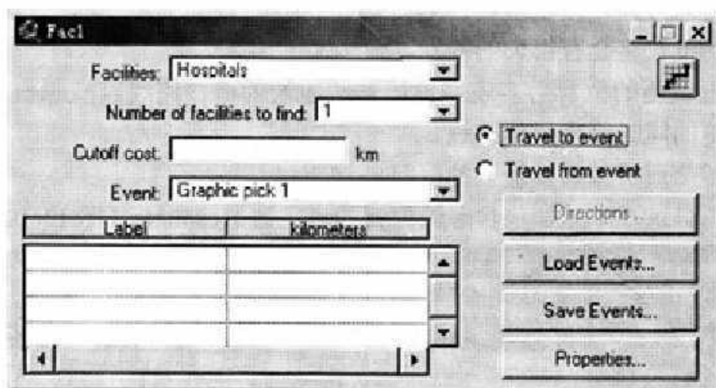


图 13-11　Fac1 对话框

在 Fac1 对话框中有以下几个选项：

Facilities：在 Facilities 下拉列表中选择一个点主题作为设施主题，本例中为 Hospitals。如果用选择工具事先已选中了部分设施，则在解决问题时只考虑被选中的设施；如果无任何设施被选中，则所有的设施都被考虑。

Number of facilities to find：在此框中确定要找出的最近设施的数目。

Cutoff cost：在此输入框中输入一个最远阈值，对最近设施的最远距离进行限制。如果不做限制，则此项为空白。其单位应与指定的工作单位一致。

Event：指定发生的事件。可采用 Add Loacation 工具在线主题上直接点击，事件的位置将以绿色符号显示在视图上；on by Address）命令，在 Locate Address 对话 按钮装入一个包含事件的点主题。如果采用 ic pick（n）”，n 是惟一的编号；如果用（Add Location by Address）命令指定事件，则事件的地址为其默认名称，双击事件名称可以对其进行编辑，并可输入新名称。

用在线主题上直接点击指定一个事件，而其位置在线主题的特定搜索距离之外（线主题的特定搜索距离为该线主题水平或垂直图廓中较长的一个的 1/100），此时，Network Analyst 将提示是否要增加此事件(图 13-12)。如果回答是肯定的，该事件将以红色符号表示在视图上。当用，所有的点都将添加到 Event 列表中，如果选择了一个红色符号显示。红色符号表示的事件在解决问题时不予选择该符号并移动到线主题上，此时，红色变成绿色，该事件才可作为指定事件。

Travel to event / Travel from event：指定路线的行进方向，Travel to event 表示路线方向从设施到事件；Travel from event 表示路线方向从事件到设施。

（4）单击 solve 按钮，找出最近的医院，并显示最佳路线(图 13-13)。最近设施的名称显示在 Fac1 的 Label 栏中，其距事件的距离显示在 meters 栏中。

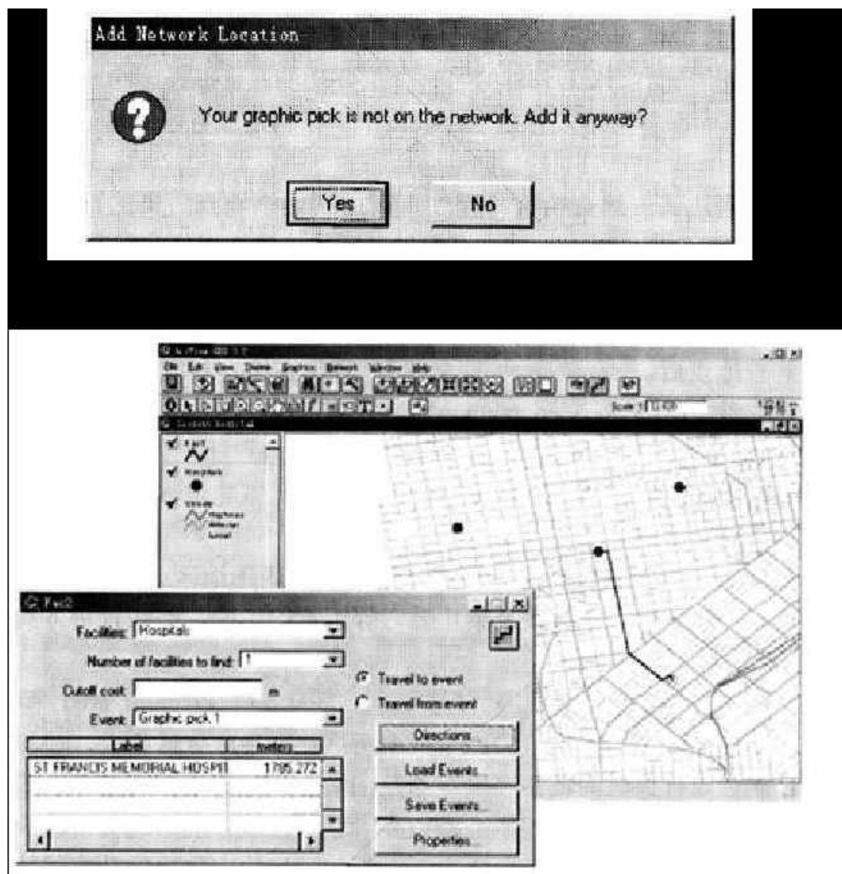


图 13-13　最近设施与最佳路线的显示

Network Analyst 模块采用包含在设施主题特征表中的字段名(或别名)为 Label 的字段给设施和事件命名，如果特征表中无 Label 字段，则设施和事件的缺省名为“Facility #n”和“Event #n”，#n 为设施与事件的编号。

（5）在 Facl　　　　框（图 13-14）中对创建的最佳路　　　　打印输出。

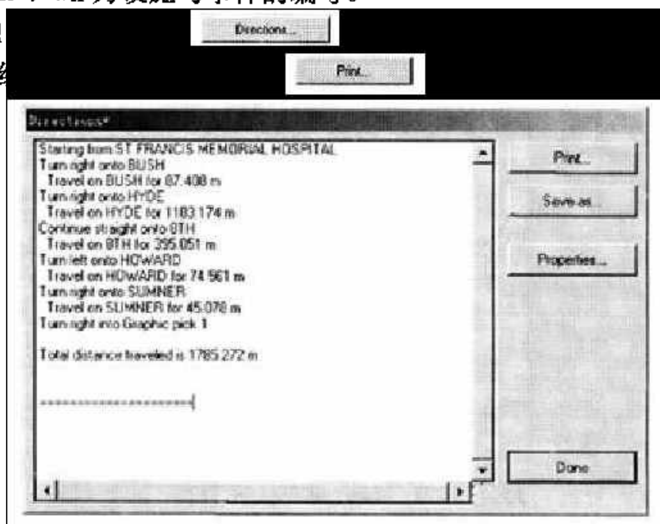


图 13-14　行进路线说明

3. 创建服务区域

创建服务区域是 GIS 网络分析的另一个重要功能，可以在一个网络路径上确定任何位置的服务区域和服务网络，并显示在视图中。在创建服务区的基础上，可评估该地点的可达性。

可达性是指到达某一地点的难易程度，可用到达该地点所需的行驶时间或距离来评估。例如：一家零售商店，在步行 1 公里的范围内，可能居住的顾客数目；一家饭店，在其 20 分钟的行车时间范围内，可能有的顾客数目等。Network Analyst 可用服务区和服务网络来评估可达性。

在指定某一地点后，Network Analyst 可计算出在给定行驶时间或距离内到达该地的街道网络——服务网络 Service Networks，并显示在视图中，利用服务网络可查看可达街道沿线的情况。同时，Network Analyst 可生成该地点的服务区域 Service Area，服务区域表示覆盖服务网络的地区，创建服务区之后，可以确定其中有多少人口或其他的研究对象。

创建服务区时，必须指定行进方向，从某地点到周围地区或从周围地区到某地点。因为交通方式、行驶速度、单行线及禁止转弯等因素的影响，路线行进方向不同，服务区也将不同。

Network Analyst 可建立两种服务区域：一般服务区 General area 和紧凑服务区 Compact area（图 13-15、图 13-16）。一般服务区比紧凑服务区稍大，边界较为光滑，一般服务区可能会与行进时间或距离确定的范围之外几个街道相交迭；紧凑服务区即指服务网络覆盖的区域，通常有参差不齐的边界，它与区域外的街道交错较少，但可能漏掉一些应在服务区内的位置。在特殊情况下，例如：当线主题中的某些线特征横跨另一些线特征(如立交桥)时，Network Analyst 将提示不能生成紧凑服务区，而生成一个一般服务区。

Network Analyst 可创建包含多个地区的服务区和服务网络，如对上面提到的零售店，可创建 1 千米、1～2 千米、2～3 千米范围内的服务区域，外部的区域为环状，不包括内部的区域（图 13-17）。

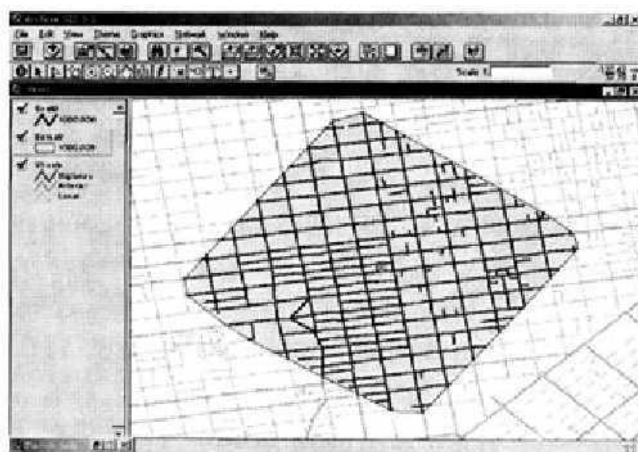
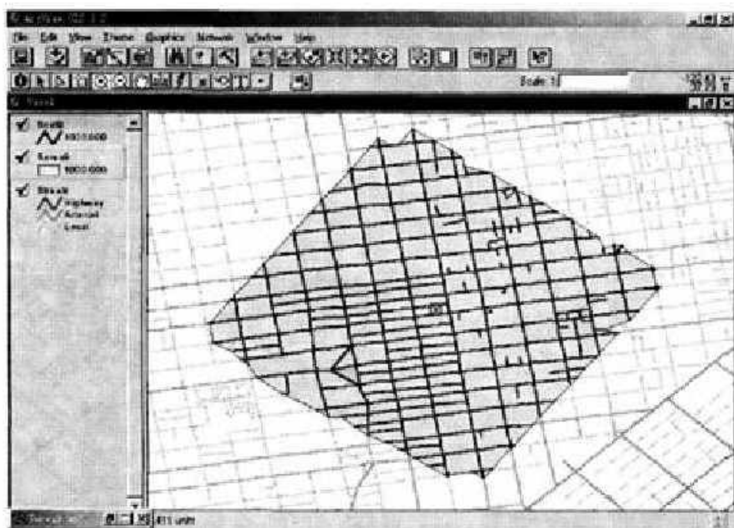


图 13-15 一般服务区



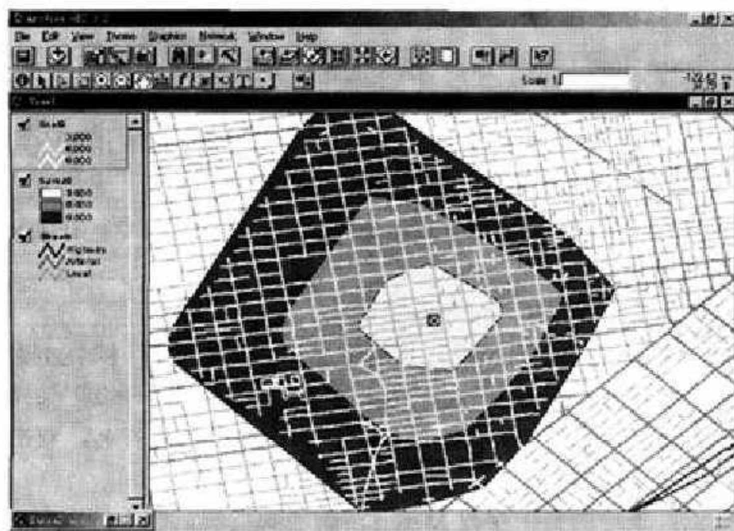


图 13-17 创建多层服务区与服务网络

创建服务区功能可为零售店、超市、饭店、游乐场、娱乐中心的选址进行评估，了解选定地点周围的环境，为确定经营方向和营销策略提供依据。

例：为一个零售商店创建步行 1 公里范围的服务区并查明服务区内的顾客数。

（1）激活街道线主题 Streets.shp。

（2）在视图目录表中添加包含顾客居住地点的点主题 customers（图 13-18）。

（3）从〈Network〉菜单选择〈Find Service Area〉命令，打开 Sarea1 和 Snet1 对话框（图 13-19），同时，在视图目录表中增加两个新的主题，缺省名为“Snet1”的新主题包含服务区内的街道网络。缺省名为“Sarea1”的新主题包含服务区的多边形区域。

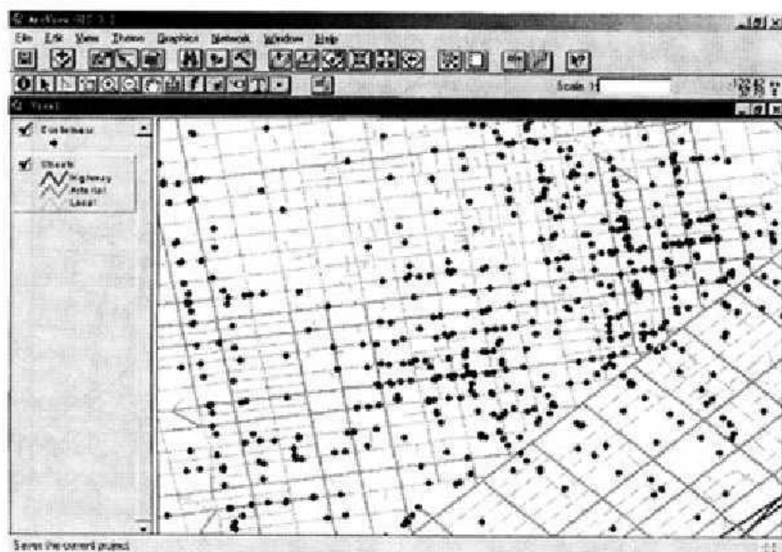


图 13-18 添加顾客居住地点

在 Sarea1 和 Snet1 对话框中按下 按钮，在 Properties 对话框中定义费用字段 Meters（距离）和工作单位 meters。

（4）在街区线主题中指定零售点的位置。指定地点可有以下几种方式：

- 采用 Add Loacation 工具 在线主题上直接点击；
- 从〈Network〉菜单选择〈Add Location by Address〉命令，在 Locate Address 对话框中输入地点的地址；
- 采用 按钮装入一个点主题。

指定的地点将添加到地点列表中，其名称显示在 Label 栏中。如果采用工具指定地点，地点的缺省名为“Graphic pick 〈n〉”，n 是该地点惟一的编号；如果采用〈Add Location by Address〉命令指定地点，地址将作为该地点的缺省名。双击地点的名称可以对其进行编辑或重新命名。

（5）双击地点列表中的费用字段 Meters，删除缺省值，键入行进距离 1 000 米（图 13-19），并确保它的单位和工作单位一致，从而指定服务区域和网络的范围。

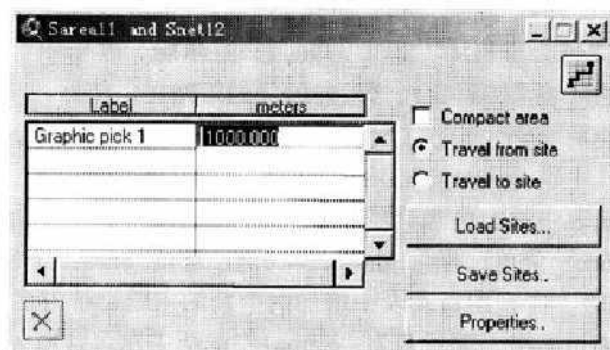


图 13-19 Sarea1 和 Snet1 对话框

如果想为一个地点指定多个时间或距离，例如：距零售店 1～2 千米的服务区，可分别键入 1 000 和 2 000，并用空格或逗号分开它们。

选中 Compact Area 复选框，可创建一个紧凑的服务区，否则，将生成一般意义的服务区域。

选择 Travel from Site 选项表示行进方向从地点到服务区，Travel to Site 表示行进方向从服务区到地点。

（6 中，服务网 面积和服务

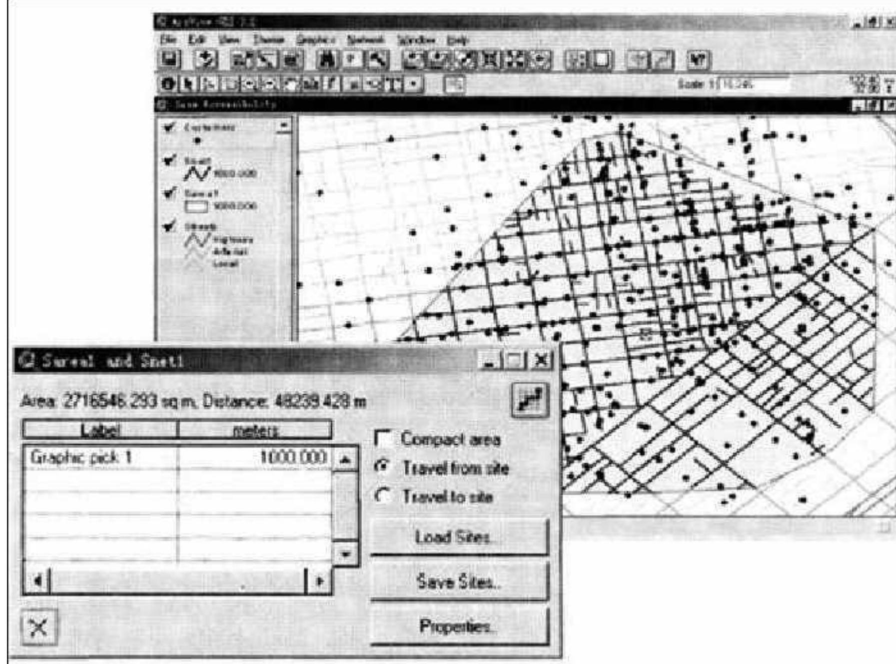


图 13-20　服务区和服务网络显示

（7）激活包含顾客居住地点的点主题 Customers。

（8）从〈Theme〉菜单选择〈Select by Theme〉命令,出现 Select by Theme 对话框，在第一个下拉列表中选择 Are completely within，从第二个下拉列表中选择包含服务区域的主题 Sarea1，按下 New Set 按钮，所有位于服务区内的顾客点位都被选中，以黄色高亮显示（图 13-

选用 Open Theme T 打开 customers.shp 主题的的特征表，可以看到，被选中的点均以黄色高亮显示（图 13-22）。被选中的点数显示在特征表顶部的 Number selected Display 框中。例如：在本例中，在 1 432 个点位中有 619 个被选中。如果每个点位代表一位顾客，则这个数目即为服务区域内的顾客数。如果每个点位代表多位顾客，其计算步骤如下：

图 13-22　Customers 主题特征表

● 在 Customers 主题的特征表中，增加每个点代表顾客数的字段；

● 单击此字段，从〈Field〉菜单选择〈Statistics〉命令,出现对此字段的统计对话框，在对话框中显示了该字段的统计信息，Sum (总数)即为服务区内的顾客总数。

第十四章　ArcView DEM 地形分析精度

能有效地利用DEM数据进行地形定量因子的自动提取，是ArcView GIS软件空间分析模块的重要功能。数字高程模型（DEM）是地理信息系统地理数据库中最为重要的空间信息资料和赖以进行地形分析的核心数据系统。目前世界各主要发达国家都纷纷建立了覆盖全国的DEM数据系统，DEM已经在测绘、资源与环境、灾害防治、国防等与地形分析有关的科研及国民经济各领域发挥着越来越巨大的作用。但是，由于DEM原始信息源精度、DEM空间分辨率以及研究区地形复杂度的差异，DEM所提取的地形因子的精度存在着相当大的差异。本章重点介绍DEM地形分析精度与不确定性方面的部分研究成果。

第一节　DEM 地形描述误差的量化模拟

1. DEM 地形描述误差的概念

DEM精度是指所建立的DEM对真实地面描述的准确程度。DEM误差的大小被普遍视为衡量DEM精确性的标准。然而，人们在该问题上存在着明显的片面认识。以往的研究普遍重视在DEM采样点上出现的高程采样误差，而忽视由于DEM离散采样所造成的地形描述误差。无疑，高程采样误差是影响DEM精度的重要因素，但决不是惟一因素。因为，即使DEM在所有高程采样点上的误差均为零，有限的DEM栅格采样点所构成的高程模型也只能是对实际地面的近似模拟。我们将这种在假定DEM高程采样误差为零条件下，模拟地面与实际地面之差异定义为DEM地形描述误差（以后简称*Et*）。如图14-1所示，*A*、*B*两点为DEM地面高程采样点，*A*、*B*两点的连线为DEM模拟地面，假定在该两点的高程采样误差为零，则Et_C、Et_D及Et_E分别为在*C*、*D*、*E*三点的地形描述误差。无疑，DEM栅格分辨率与地形起伏的复杂程度是影响*Et*大小的两个关键因子，建立这两个因子与DEM地形描述误差之间的量化关系，是对误差进行定量模拟的关键。

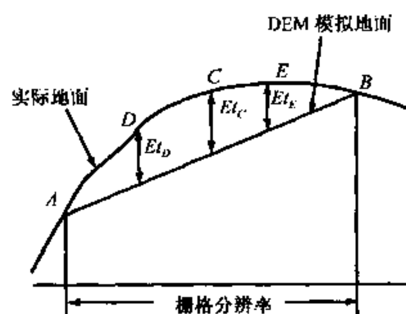


图14-1　*Et*分布示意图

2. 实验样区与原始 DEM 数据精度

在我国选择有代表性的 6 个不同地面复杂度的地区作为实验样区，实验区面积均为 10 千米×10 千米，其主要地形因子及原始信息源精度如表 14-1 所示。

采用全数字摄影测量方法所建立的 DEM 作为基本信息源，DEM 栅格分辨率均为 5m。在每个实验区的地形图上随机选择 50 个左右高程控制点，并视其高程值为准值，分别对各个实验区所建立 DEM 的高程采样精度进行测定。表 14-1 显示该组 DEM 具有较高的高程采样精度，可以作为基本信息源进行 DEM 地形描述误差的研究。

表 14-1 实验区主要地形因子及 DEM 精度

项 目		平原	低丘	丘陵	中山	高山	混合类型
实验区	地理位置	关中平原	东北曼岗丘陵	江南丘陵	北京军都山	秦岭首阳山	陕西骊山
	实验区中心点	109° 27′04″E	126° 21′19″E	114° 30′28″E	116° 19′16″E	108° 25′09″E	109° 10′31″E
	地理坐标	34° 35′12″N	47° 12′18″N	27° 25′46″N	40° 32′31″N	33° 58′15″N	34° 21′51″N
地形因子	平均高程 (米)	425	224	227	824	2614	662
	平均坡度 (米)	2.42	7.15	15.1	20.7	27.5	14.3
	剖面曲率 (度)	5.96	8.87	15.47	21.24	34.80	18.48
原始DEM精度	均方差 (米)	0.39	0.64	1.15	1.52	2.82	1.35
	标准差 (米)	0.28	0.57	1.04	1.41	2.16	1.23
	平均误差 (米)	0.24	0.41	0.91	1.03	2.09	1.11

3. 提取 DEM 地形描述误差 Et 的方法

栅格中点的高程与该栅格四个角点高程平均高程之差，可以被定义为该栅格的地形描述误差。因此，采用栅格窗口分析法实现 Et 的提取。如图 14-2 所示，对于 DEM 单元栅格 $abcd$，O''为栅格中心点，A、B、C、D、O 为对应地面点位，假定在该栅格四个采样点 A、B、C、D 上的高程采样误差均为零，H_A, H_B, H_C, H_D 及 H_O 分别为在 A、B、C、D 及 O 各点的高程，O'为 A、B、C、D 四点的平均高程位置，这样，我们将 O 点与 O'点的高差作为该栅格的地形描述误差 Et，即

$$Et = H_O - H_{O'} = H_O - (H_A + H_B + H_C + H_D)/4 \tag{14-1}$$

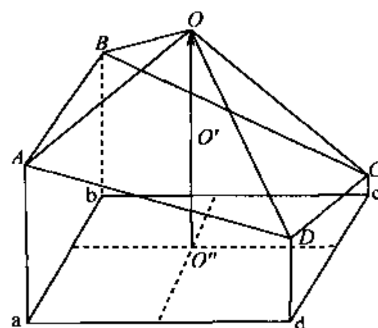


图 14-2 DEM 高程采样栅格元

按照公式（14-1），已知单元栅格中点与其周围四个相邻点的高程是获取该单元 *Et* 值的必要条件。由于单元栅格中点的实际高程是未知的，在实际计算中采用窗口分析法实现 *Et* 的提取。对于 3×3 的正方形分析窗口，如果 DEM 空间分辨率为 *d*，在该分析窗口内，*i* 行 *j* 列 *Et* 值可以通过下式求得

$$Et_{(i,j)} = H_{(i,j)} - (H_{(i-1,j-1)} + H_{(i-1,j+1)} + H_{(i+1,j-1)} + H_{(i+1,j+1)})/4 \tag{14-2}$$

显然，3×3 窗口的分析分辨率为 2d（图 14-3）。当顺序移动该分析窗口对整个 DEM 进行逐点 *Et* 值计算，即能获得相应的误差矩阵。当将分析窗口依次扩大到 5×5、7×7、…，可以同理提取分析分辨率分别等于 4*d*、6*d*、… 的误差矩阵。对于 5 米分辨率的 DEM，其相应的分析分辨率依次为 10 米、20 米、30 米、…、100 米。

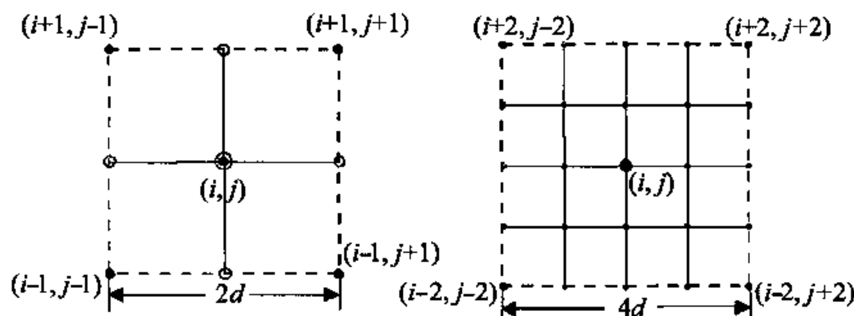


图 14-3　栅格分析窗口示意图

4．DEM 地形描述误差的量化模拟

根据上述方法所得到的不同分辨率条件下的误差矩阵，便可以利用统计与比较分析的方法揭示 *Et* 随分辨率及地形复杂度的变化而变化的规律，表 14-2 及图 14-4 为对误差矩阵的数据进行统计的结果。

表 14-2　不同地貌类型区 *Et* 均方差值(RMSE)统计表

分辨率（米）	平原	低丘	丘陵	中山	高山	混合
10	0.599	0.678	0.856	1.012	1.378	0.938
20	0.975	1.237	1.831	2.350	3.571	2.102
30	1.350	1.796	2.805	3.687	5.763	3.266
40	1.726	2.355	3.779	5.025	7.955	4.431
50	2.101	2.914	4.754	6.363	10.148	5.595
60	2.476	3.474	5.728	7.701	12.340	6.759
70	2.852	4.033	6.703	9.039	14.533	7.924
80	3.227	4.592	7.677	10.376	16.725	9.088
90	3.602	5.151	8.651	11.714	18.917	10.252
100	3.978	5.710	9.626	13.052	21.110	11.417

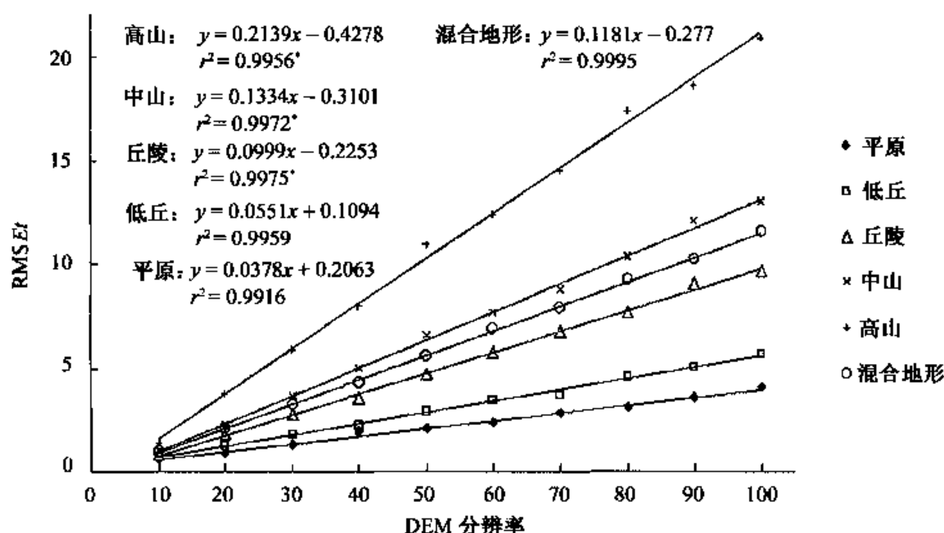


图 14-4 *Et* 随 DEM 分辨率及地形复杂度变化回归模型(*r* 为相关系数)

DEM 的均方差值(RMSE)是描述 DEM 误差的重要统计指标。图 14-4 显示在不同实验区内，*Et* 的均方差值(RMSE)随分辨率的降低而升高并呈很好的线性相关关系。

整理图 14-5 中的回归方程，得到公式（14-3）。

$$\text{RMS } Et \begin{cases} y=0.2139x-0.4278 & (\text{高山}) \\ y=0.1334x-0.3101 & (\text{中山}) \\ y=0.0999x-0.2253 & (\text{丘陵}) \\ y=0.0551x+0.1094 & (\text{低丘}) \\ y=0.0378x+0.2063 & (\text{平原}) \\ y=0.1181x-0.2770 & (\text{混合地形}) \end{cases} \tag{14-3}$$

如果将公式（14-3）视为 $y=ax+b$ 模式，可以发现以上方程的系数 a，b 也分别同实验样区地面平均剖面曲率呈较好的线性相关(见图 14-5、图 14-6)。综合以上结果，可以进一步得出以下方程：

$$\text{RMS } Et = (0.0063\,V + 0.0066)\,R - 0.022\,V + 0.2415 \tag{14-4}$$

其中，R、V 分别表示 DEM 的空间分辨率与平均剖面曲率。

公式（14-4）显示 *Et* 同 DEM 分辨率与反映地形复杂度的因子平均剖面曲率成正相关；混合地貌类型实验区同样适合运用以上误差模拟方程。

如果将公式改写为

$$R = (\text{RMS } Et + 0.022\,V - 0.2415)\,/\,(0.0063\,V + 0.0066) \tag{14-5}$$

可根据 DEM 误差的限定指标直接推算适宜的 DEM 分辨率。

其中剖面曲率为地面高程变化的 2 阶导数，其实质为栅格分析窗口内，坡度在水平方向的最大变化率。Tang 已经证明，在 ARC/INFO、ArcView 等 GIS 软件中，地面

剖面曲率的数字矩阵可以直接通过对 DEM 数据求取 Slope of Slope（地面坡度的坡度）而获得,亦可经过统计计算获得研究区的平均剖面曲率。

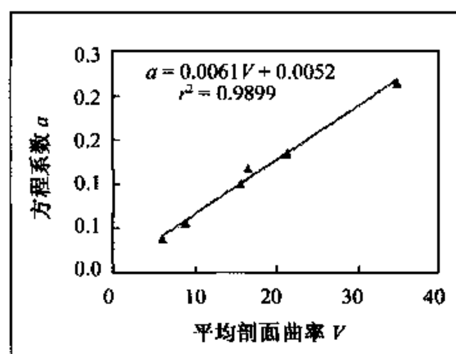


图 14-5　方程系数 a 与剖面曲率相关性（r 为相关系数）

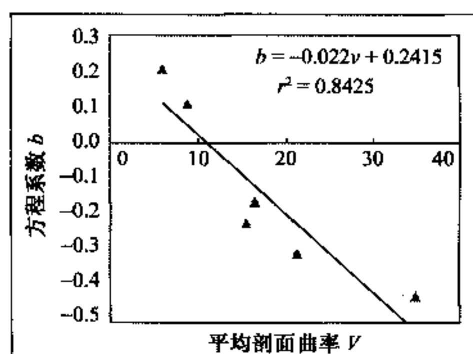


图 14-6　方程系数 b 与剖面曲率相关性（r 为相关系数）

选择陕西汉中老君（平原区）、铜川高坪（黄土丘陵区）和潼关太要（山区）为检验样区（4 千米×4 千米），采用高精度航测的方法提取 DEM (1 米分辨率)并测定其地形描述误差值，通过与模拟方程结果的对比，显示该误差模拟方程对 3 个检验样区 Et 估算的准确性分别为 91.3%、94.7%和 95.3%，显示该方程具有良好的误差估算效果。

5. 误差地图

虽然对于某一区域 DEM 误差的统计值有助于总体上了解不同地貌类型区的误差量值，但在任何实验区内，DEM 误差的空间分布是否存在特定的规律、是否随着地形部位的不同而变化是普遍关心的问题。Guth (1992)、Li (1993)及 Monckton (1994)曾强调误差在空间分布具有一定的结构化特征。误差地图无疑是最能直观反映误差空间分布规律的技术手段，Monckton (1994)曾探索利用离散点位的专题制图法绘制 DEM 的误差地图，但是，由于离散点位描述连续现象方面的局限性，误差地图的效果不甚理想。本研究采用窗口分析法获取了在空间上连续的误差矩阵，因而能够在 ArcView 地理信息系统软件的支持下，利用质底法绘制误差地图。

图 14-7 为黄土丘陵沟壑区的 DEM 地形描述误差地图（DEM 分辨率为 25 米）。通过与图中等高线的对比分析，反映误差随地形变化的基本规律。DEM 地形描述误差在空间分布呈较为明显的自相关性，较大误差主要分布在山谷、山脊以及地面坡度转折处，图中反映出误差值的大小在很大程度上同地面剖面曲率、平面曲率有密切关系。在今后的研究中应对其相关关系进行定量测算，从而为误差模拟方程的建立提供基本依据。

误差地图能直观地提供误差在空间分布的规律与特征，而量化 DEM 地形描述误差在空间的分布规律，对以后进行的误差微观模拟是必不可少的前提条件。自相关分析法是其中十分有效的方法（Wood, 1996）。

地理学的一个基本规律是：空间的事物总在不同程度上相互联系与制约，而相近事物之间的影响通常大于较远事物的影响。在地形学的研究中，地形的自相关值往往被用

来描述地面粗糙程度(Tobler W，1979)。DEM 误差的空间自相关可以定义为某一栅格单元的误差值与其相邻栅格误差值的趋近程度。通过计算 DEM 地形描述误差的空间自相关值，可以判断 DEM 误差在水平方向的集聚度，从而进一步反映 DEM 误差在空间的分布特征。

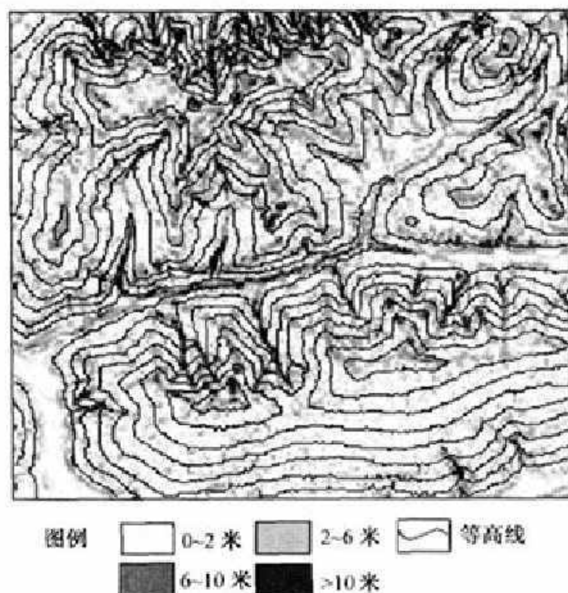


图 14-7 DEM 误差地图（25 米分辨率）

空间自相关通常采用 Moran 统计算子求算，Moran 自相关算式可以表达为

$$I = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}(w_{ij} - c_{ij})}{\sum_{i=1}^{n} v_i \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_{ij}} \tag{14-6}$$

其中，w_{ij} 为给予每一个栅格测量单元的权重。c_{ij} 和 v_i 的量值可以表达为

$$c_{ij} = (z_i - \overline{z})(z_j - \overline{z}) \tag{14-7}$$

$$v_i = \frac{(z_i - \overline{z})(z_i - \overline{z})}{n} \tag{14-8}$$

其中，z_i 、z_j 分别为在位置 i、j 的测量值，z 是在所有 i、j 位置点测量值的均值，n 为所有测量点的数目。自相关 I 的值域在+1 与-1 之间。数据越接近+1，表示正自相关愈强；越接近-1，表示负自相关愈强，0 表示非自相关随机分布。以上公式在空间属性分布研究中得到广泛应用。

然而，Wood（1996）的研究证明，对于栅格数据自相关的计算，自相关计算公式

可以简化为

$$I = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\left[(z_i - \bar{z}_{iyj})(z_j - \bar{z}_{iyj})\right]}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}(z_{iyj} - \bar{z}_{iyj})^2} \tag{14-9}$$

根据以上原理，我们以所获得的 DEM 误差数字矩阵为基本数据源，计算 DEM 误差在不同地形样区及不同空间分辨率条件下的误差自相关值。表 14-3 及图 14-8 为实验结果。

表 14-3　误差空间自相关量测结果

地貌类型	DEM 空间分辨率（米）					
	5	10	15	20	25	30
平原	0.120	0.286	0.415	0.482	0.520	0.527
低丘	0.180	0.360	0.478	0.522	0.548	0.54
丘陵	0.201	0.350	0.534	0.531	0.513	0.37m
中山	0.262	0.386	0.527	0.548	0.510	0.409
高山	0.351	0.492	0.564	0.562	0.426	0.344

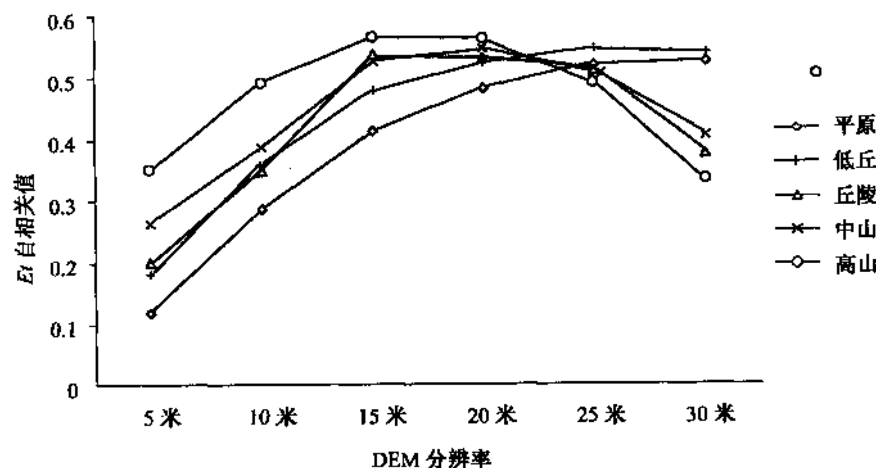


图 14-8　DEM 地形描述误差空间自相关分布曲线

图 14-8 显示 DEM 地形描述误差空间自相关随 DEM 分辨率与地形复杂度的变化特征。

第二节　不同比例尺 DEM 提取地形因子的精度初探

目前，我国加速了国家空间数据基础设施建设的力度，国家测绘部门已完成了全

国1:100万、1:25万以及1:5万比例尺DEM的建设，为实现地形分析的自动化、规范化创造了十分有利的条件。然而，我国不同比例尺DEM都是以相应比例尺地形图为基本信息源数字化获得的，由于地形图制图综合以及数据内差方法等方面的影响，不同比例尺与不同栅格空间分辨率的DEM在地形信息容量与精度上无疑存在着明显的差异。国家测绘部门最近完成的基于1:5万比例尺地形图的DEM，虽然栅格空间分辨率达到25m，但是由于地形图本身经过了相当程度的制图综合与取舍，特别是在黄土丘陵区，地面支离破碎、地形变化异常复杂，1:5万地形图对原始1:1万地形图等高线形态综合、取舍程度更大，这些都会在不同程度上影响地形分析结果的准确性。当前，在西部大开发中诸多黄土高原生态环境建设工程项目，特别是水土流失监测与水土保持规划工作都急需高精度的地形数据（如：地面坡度、沟壑密度等）。因此，测定1:5万DEM地形特征要素的提取精度，对使用者了解DEM的质量特征与适用性，进一步研究控制与消除误差都具有重要意义。前人在不同空间尺度DEM提取地形因子方面也进行了有益的探索，但尚未在不同比例尺DEM地形信息容量与转换图谱方面进行深入探索。本节以高精度的1:1万DEM为准值，通过对1:5万和1:1万DEM提取定量地形要素的叠合、比较与统计分析，探讨1:5万DEM提取地面坡度、地面曲率以及沟壑密度等地形因子的精度。该研究结果同时反映出两种不同比例尺地形图的地形信息容量，对于使用者了解1:5万比例尺地形图及DEM的适用性都具有一定的帮助。

1．实验基础与方法

1）实验样区

实验样区选在陕西绥德县韭圆沟流域，位于东经 110°15′00″～110°22′30″，北纬 37°32′30″～37°37′30″，实验样区面积100千米²（10千米×10千米），平均海拔高度980米，属于典型的黄土丘陵沟壑地貌类型区。地表平均坡度为28.7°，平均地面粗糙度为1.18，沟壑密度达7.18千米/千米²。韭圆沟流域为黄委会水土保持重点实验区，积累了丰富的基础资料，有利于研究工作的开展。

2）信息源

采用国家测绘部门编制的1:1万及1:5万地形图作为建立DEM的基本信息源，图14-9为实验区两种不同比例尺地形图等高线对比。

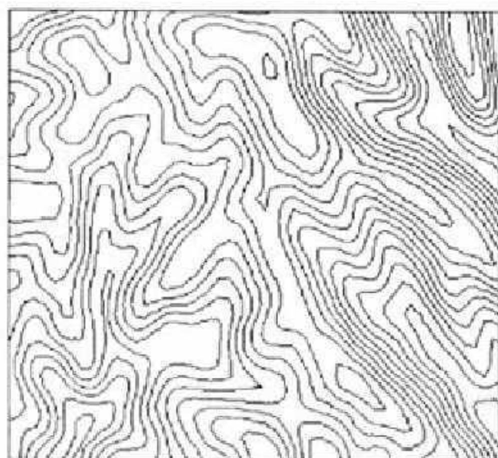
如图14-9所示，黄土丘陵沟壑区地面沟壑密布、地形变化复杂，与1:1万比例尺地形图等高线相比，1:5万地形图在描述实际地形特征上进行了较大程度的制图综合。

3）实验方法

A．图14-10为本次实验的技术路线。GIS的叠置比较分析为本实验的基本方法。ARC/INFO、ArcView地理信息系统软件为本研究的主要软件平台。

B．采用国家测绘局所制定的地形图数字化技术规范标准制作DEM，完成1:5万、1:1万DEM的水平分辨率分别为25米及5米。

C．在黄土丘陵沟壑区，1:1万比例尺地形图等高线制作的DEM（5米水平分辨率）地形描述误差的均方差值为0.337米，具有很高的地形描述精度，能较准确地提取上述定量地形因子，因此，以1:1万DEM作为准值，利用叠合比较分析方法分析1:5万DEM提取地形因子的精度是本研究的主要分析方法。



（a）1:5 万地形图等高线（放大至 1:1 万）



（b）1:1 万地形图等高线

图 14-9　1:5 万与 1:1 万地形图等高线对比（等高距均为 10 米）

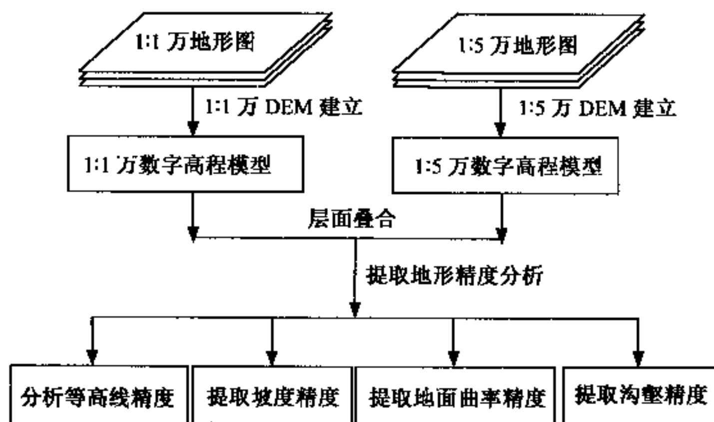


图 14-10　实验技术路线

2. 实验结果与分析

1）等高线长度与曲率

等高线制图综合的结果，使各级不同比例尺地形图的地形信息容量产生明显的差异，直接影响到等高线地形描述精度。等高线长度与曲率的变化是衡量对其制图综合取舍程度的重要量化指标。对实验区不同地貌部位等高线长度与曲率的统计结果见表 14-4，不同比例尺等高线的套合对比见图 14-11。

表 14-4 显示，以上两种比例尺等高线长度差异均在 50%以上，综合取舍程度很大，其中沟坡地、沟底地等高线长度的变化更大。沟坡地等高线曲率的差异达到 47.3%是 1:1 万地形图上大量切沟、冲沟被舍去，使等高线变得平滑的结果。

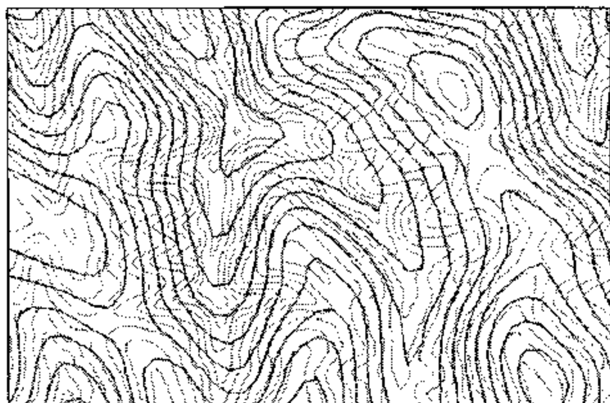


图 14-11　两种不同比例尺等高线的套合对比

（为便于对比，两种等高线采用相同等高距，放大至相同比例尺）

表 14-4　三种不同地形部位相同等高线长度的比较表

地形部位	等高线长度（千米）			等高线平均曲率（度）		
项目	1:5 万地形图	1:1 万地形图	长度变化	1:5 万地形图	1:1 万地形图	曲率变化
沟间地	228.2	352.6	64.72%	23.4	31.8	26.4%
沟坡地	473.4	917.9	51.57%	32.0	67.7	47.3%
沟底地	1687.1	2353.3	71.69%	20.8	25.5	18.4%

2）地面坡度

地面坡度一般定义为地表水平面和实际地形表面之间夹角的正切值。目前，利用 DEM 提取地面坡度的算法有很多种类，本研究应用的 ArcView 地理信息系统软件平台采用 Burrough P.A.（1986）提出的窗口微分分析法，即坡度的计算在 3×3 个 DEM 格网窗口中进行。窗口在 DEM 数字矩阵中连续移动后完成整幅图的计算工作。

坡度 $slope = tgP = [(\partial z/\partial x)^2 + (\partial z/\partial y)^2]^{1/2}$

式中的$\partial z/\partial x$、$\partial z/\partial y$一般采用 2 阶差分方法计算。

对图 14-12 所示的格网，对于$(i,\ j)$点有

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{(z_{i,(j+1)} - z_{i,(j-1)})}{2\delta x} \qquad \frac{\partial z}{\partial y} = \frac{(z_{(i+1),j} - z_{(i-1),j})}{2\delta y}$$

其中，δx、δy 为格网结点在 x、y 方向的间隔。

本研究采用水土保持工作所普遍采用的临界坡度分级标准作为基本的分级方案，并结合自身研究特点进行分级延伸。分级方法如下：0°~ 3°、3°~ 5°、5°~ 8°、8°~ 15°、15°~ 25°、25°~ 35°、35°~ 45°、45°~ 60°、60°~ 90°共 9 级。按照以上坡度分级方案，对 1:5 万数字坡度模型进行重分级处理，获得分级化的栅格数字坡度模型。

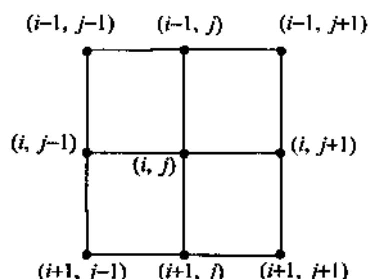


图 14-12　DEM 分析窗口

如图 14-13 所示，对于每个 1:5 万比例尺的 25 米分辨率的栅格元，都对应有 25 个 1:1 万比例尺 5 米分辨率的对应栅格。

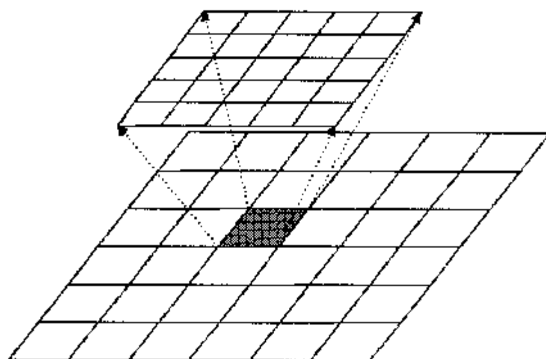


图 14-13　1:5 万与 1:1 万 DEM 栅格对应关系

在 ArcView 地理信息系统软件平台支持下，将上述两种不同比例尺 DEM 转化为坡度栅格矩阵，坡度值统计结果如表 14-5 及图 14-14 所示。

表 14-5　在两种不同比例尺地形图上地面坡度量算结果对比

项　目	平均坡度（度）	最大坡度（度）	>25° 面积占总面积比 （%）
1:1 万地形图	29.45	66.30	57.83
1:5 万地形图	21.16	46.97	34.56
坡度损失量（%）	28.59	29.16	40.30

以上统计结果显示，1:5 万与 1:1 万地形图所反映的地面坡度有相当大的差异。在 1:5 万地形图上所测量地面平均坡度明显比实际坡度大大平缓。两种不同比例尺 DEM 地面坡度分级量算结果对比也存在明显的差异。在 1:5 万 DEM 上量算的大于 25° 以上的地面面积仅是在 1:1 万地形图所测面积的 40%。因此，目前虽然已经完成了 1:5 万地形图 DEM 的生产，但在黄土丘陵沟壑区，直接应用该信息源提取地面坡度的可信度太低。采用不同空间尺度的坡度转换图谱，实现对所提取地面坡度统计值的纠正是十分必要的。

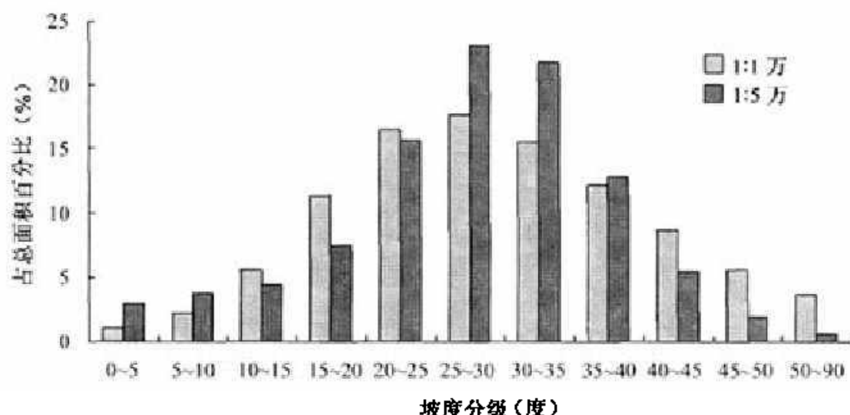


图 14-14 两种比例尺地形图地面坡度分级量算结果对比

对于每个 1∶5 万 DEM 的 25 米标准分辨率的栅格单元，都对应有 25 个 1∶1 万比例尺 5 米分辨率的对应栅格。因此，对于每个 1∶5 万 DEM 栅格所提取的地面坡度分级值，也都存在 25 个 1∶1 万比例尺的对应坡度值。根据相同地貌类型在空间变化具有相当程度自相关性的原理，对于 1∶5 万 DEM，所提取的每一级坡度对应于 1∶1 万的多栅格坡度组合也应当有较强的相似性。我们将这样一种以大量统计分析为基础，在不同比例尺与分辨率下，根据 DEM 所提取地面坡度的量化转换关系称为"不同空间尺度 DEM 提取地面坡度的转换图谱"。图 14-15 为在绥德韭园沟流域所做的坡度转换图谱的实验结果。

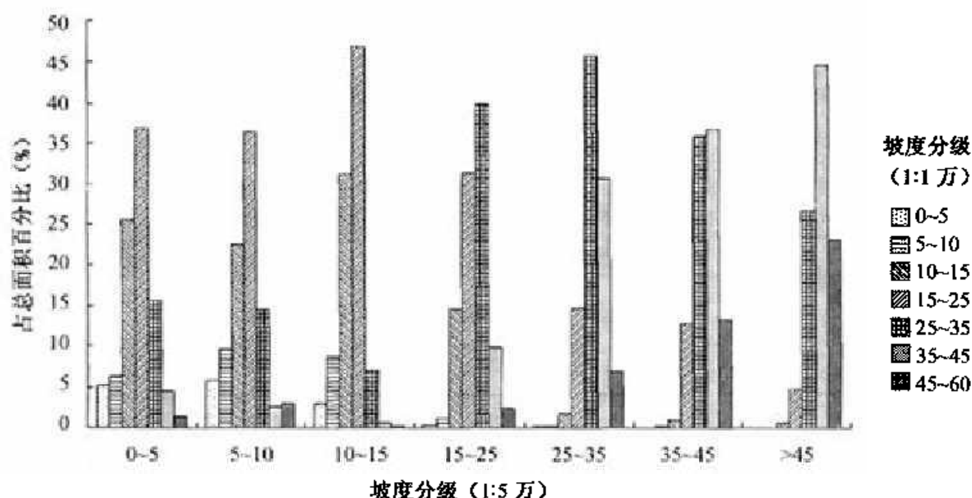


图 14-15 1∶5 万～1∶1 万比例尺 DEM 坡度转换图谱

以绥德辛店沟流域、延安燕沟以及潼关铁沟流域进行所获得坡度转换图谱的应用精度实验，证明在黄土丘陵区的纠正率均在 90%以上，具有相当理想的纠正效果，但是在黄土台塬区的铁沟流域不适用，说明该转换图谱的应用具有明显的区域限定性（表

14-6）。

表 14-6　坡度转换图谱对 1:5 万 DEM 所提取坡度的误差纠正率（%）

项目		坡度分级								平均纠正率（%）
		0~3	3~5	5~8	8~15	15~25	25~35	35~45	45~90	
纠正率（%）	辛店沟	89.3	89.7	90.1	91.2	92.9	93.0	91.1	90.5	90.98
	燕沟	87.4	88.6	91.5	90.9	91.7	94.2	90.2	89.0	90.44
	铁沟	34.9	41.3	52.4	47.1	32.9	38.0	53.7	49.8	43.74

3）地面剖面曲率

地面剖面曲率是地面坡度的变化率，是反映地形起伏变化特征的重要指标之一。在黄土丘陵沟壑区，剖面曲率是确定坡形以及提取诸如沟沿线、沟底线等地形转折线的重要定量地形指标。1:5 万地形图对等高线综合取舍的结果，在很大程度上平滑了地面的转折菱角，降低了所提取的地面剖面曲率。表 14-7、图 14-16 是在两种不同比例尺地形图上量测地面剖面曲率的统计结果对比。

表 14-7　两种比例尺地形图量算剖面曲率统计结果对比

比例尺	均值	最大值
1:1万	34.28	82.51
1:5万	11.84	39.17

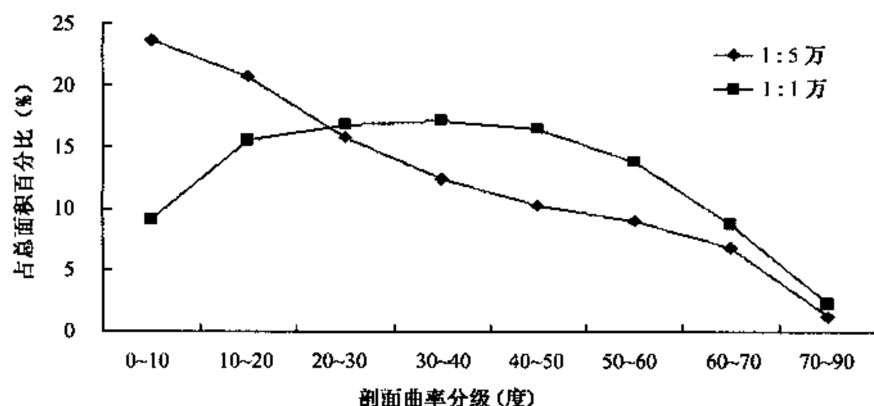
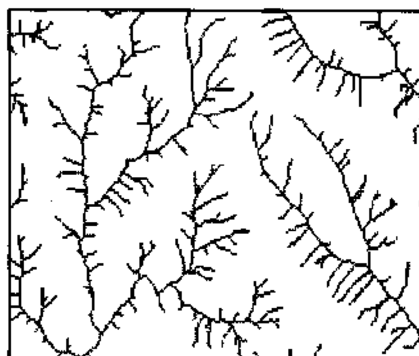


图 14-16　在两种不同比例尺地形图上量算剖面曲率分级统计

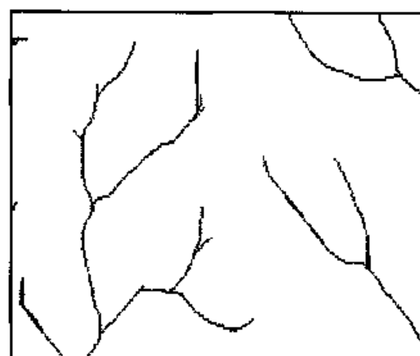
4）沟壑密度

沟壑密度是反映该地区受侵蚀程度的重要定量指标。在黄土丘陵沟壑区，细沟、浅沟、切沟、冲沟分别发育在不同的坡面部位，利用地形图或 DEM 提取地面沟壑特征，对于水土流失监测以及水土保持规划都具有重要意义。1:5 万地形图等高线制图综合的结果使等高线平滑，地面沟壑信息大量损失。图 14-17 是利用 1:1 万、1:5 万 DEM，

采用栅格汇流方法提取的地面沟壑图（均为可提取的地面最小沟壑），表 14-8 是两种比例尺地形图提取地面沟壑密度统计结果。该图表明两者在沟壑量与沟壑密度方面存在明显差异。即从 1:5 万比例尺 DEM 上仅能提取较大的冲沟及主沟道，而从 1:1 万比例尺 DEM 上能有效提取地面发育的切沟、浅沟及部分细沟，有利于进行小流域坡面水土流失特征的监测研究，便于进行各项水土保持措施的布设规划。



1:1 万地形图提取的沟壑



1:5 万地形图提取的沟壑

图 14-17　两种比例尺提取沟壑结果对比

表 14-8　两种比例尺地形图提取地面沟壑密度统计结果对比

比 例 尺	沟壑密度（冲沟以上沟壑）(千米/千米²)	沟壑密度（小于切沟的沟壑） (千米/千米²)
1:1 万	6.8	9.1
1:5 万	6.4	0.3

在黄土丘陵沟壑区，根据 1:5 万与 1:1 万两种不同比例尺地形图上等高线生成的 DEM 在地形信息容量上存在着明显的差异。与 1:1 万地形图相比，1:5 万地形图制图综合的结果在总体效果上使地面的起伏趋于平缓、沟壑减少、地形剖面曲率降低。表 14-9 为黄土丘陵沟壑区两种不同比例尺 DEM 的地形分析适宜性特点与地形分析精度对比。

表 14-9　黄土丘陵区两种不同比例尺 DEM 的地形分析适宜性与精度对比

项　目	地貌分析适宜性与精度特点
1:1 万 DEM	地形图图面涉及实地面积 25km² 左右，具有较高地形描述精度，一般适宜进行较为细致的地形分析；能准确地勾绘出沟沿线、沟底线；准确量测地面坡度、地面曲率及其变化；反映地面浅沟、切沟、冲沟等沟壑。
1:5 万 DEM	地形图图面涉及实地面积 600km² 左右，一般可进行中尺度地形分析；能根据等高线粗略勾绘出沟沿线、沟底线，反映地面起伏陡缓变化的态势，但量测地面坡度的误差很大；无法反映地面浅沟、切沟、冲沟等沟壑，但一般保留地面冲沟以上沟壑。

本次研究仅对依国家标准建立的两种不同比例尺 DEM 所提取的地形要素结果进行比较分析，用以反映 1:1 万与 1:5 万两种比例尺 DEM 在黄土丘陵区的地形信息容量差异，但值得注意的是，DEM 所提取地形要素的精度在很大程度上受其空间分辨率以及数据组织方式等其他因子的制约。综合考虑以上因素的影响，可望获得更为全面的分析

结果。

目前，在国家仅完成1:5万比例尺DEM的条件下，建立重点地区不同空间尺度DEM下地形定量因子的转换图谱，对于有效纠正1:5万DEM提取地形因子统计值的误差具有良好效果，但仍无法纠正具体图斑的测量误差。因此对于有较高精度要求的研究或应用项目，仍需要利用1:1万比例尺DEM。目前在黄土高原地区诸多生态环境建设工程项目，特别是水土流失监测与水土保持规划工作的开展都急需高精度地形数据的支持，而1:5万比例尺DEM难以满足某些应用的需要，加紧该地区1:1万比例尺DEM的建设应当作为一项重要基本建设任务。

第三节　DEM提取地面坡度的不确定性模拟

1. 引言

地面坡度影响着地表物质流动与能量转换的规模与强度，也是制约生产力空间布局的重要因子。利用数字高程模型（DEM）为信息源自动提取地面坡度，已成为最重要的技术方法，得到广泛的应用。目前，我国各级比例尺的DEM已相继建立，为地形信息的自动分析提供了基本的数据条件。但不同类型DEM在提取坡度的精度上存在着明显的差异，加之地形、计算方法等因素的影响，更加大了应用结果的不确定性。本研究选定陕北黄土高原的6个典型地貌类型区为实验样区（图14-18），在大量野外实测与数学模拟实验的基础上，进行不同分辨率DEM提取地面平均坡度的不确定性模拟，所得到的坡度误差模型融合了DEM分辨率、地形起伏度、分析区面积等多种要素的综合影响。该结果不但对完善空间数据不确定性的理论与方法、制定正确、合理的空间数据应用规范与行业质量标准是重要的，而且模型本身也从另一个侧面反映出黄土高原地形信息容量空间变化的内在规律性。

由DEM提取坡度诸多算法的精度与适用性的研究已较为完善。Chang、Jay Gao以及Tang从不同的角度分析了地面坡度误差的成因以及误差随DEM分辨率减低而降低的趋势。近年来，大量研究还从地形学的角度探讨了DEM提取地面坡度的精度问题，但均未能就坡度误差值随分辨率及地形变化的规律进行量化模拟，不利于误差的具体估算与纠正。本研究采用高精度野外实测数据与高精度1:1万比例尺DEM为基础数据，选定黄土高原多个有地貌代表性的区域为实验样区，应用比较分析和相关分析，特别是分辨率与地形特征逐步回归等方法，建立黄土高原地区不同分辨率DEM提取地面坡度误差的量化模型，该模型经实际验证具有很高的精度。黄土高原的地形起伏变化既具有其多样性和复杂性，又呈现由南至北渐变特征，很好地体现了差异性与一体性的良好统一。以陕北黄土高原为例，建立适合黄土高原多种地貌类型的、DEM所提取的地面坡度随分辨率与地形变化的误差模型，既能有效地估算地理空间数据的不确定性特征，又在一个新的侧面揭示黄土高原DEM地形信息容量变化规律性，为建立黄土高原地形信息图谱提供重要素材。

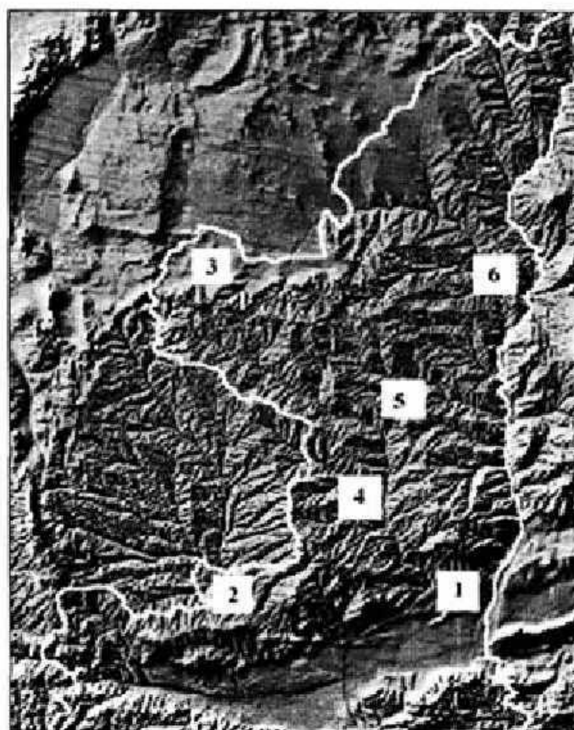


图 14-18　实验区位置分布示意图

1. 黄土塬　2. 黄土残塬　3. 黄土低丘

4. 黄土梁状丘陵　5. 黄土梁峁丘陵　6. 黄土丘陵沟壑

2. 实验样区

在陕北黄土高原选择 6 个不同地貌类型区域作为实验区，图 14-18、图 14-19 及表 14-10 分别显示实验区的分布位置与地形特征。

表 14-10　实验样区主要地形参数

	项　目	黄土塬	黄土残塬	黄土低丘	黄土梁状丘陵	黄土梁峁丘陵	黄土丘陵沟壑
主要地貌因子	样区面积（千米²）	5×5	5×5	5×5	5×5	3×5	5×5
	平均海拔（米）	852	1145	1770	1549	1161	1032
	地面平均坡度（度）	6.54	11.23	16.47	23.83	28.24	30.16
	河网密度（千米/千米²）	1.95	2.48	3.10	4.51	5.05	6.44
	地面粗糙度	1.0140	1.0704	1.0751	1.1719	1.2001	1.4664
	地面曲率（°）	11.70	14.22	19.43	26.20	31.42	34.92

3. 信息源

DEM 由 1∶1 万比例尺地形图等高线数字化，再经高程内插获得。为检验所获得 DEM

的高程采样精度，除采用反生等高线与原始等高线进行套合对比外，还在每幅地形图上随机选择 50 个左右的高程控制点，并视其高程值为准值检验对应 DEM 栅格点的高程采样精度。表 14-11 显示该组 DEM 具有较高的高程采样精度，可以作为基本信息源探讨栅格分辨率对地面坡度的影响。

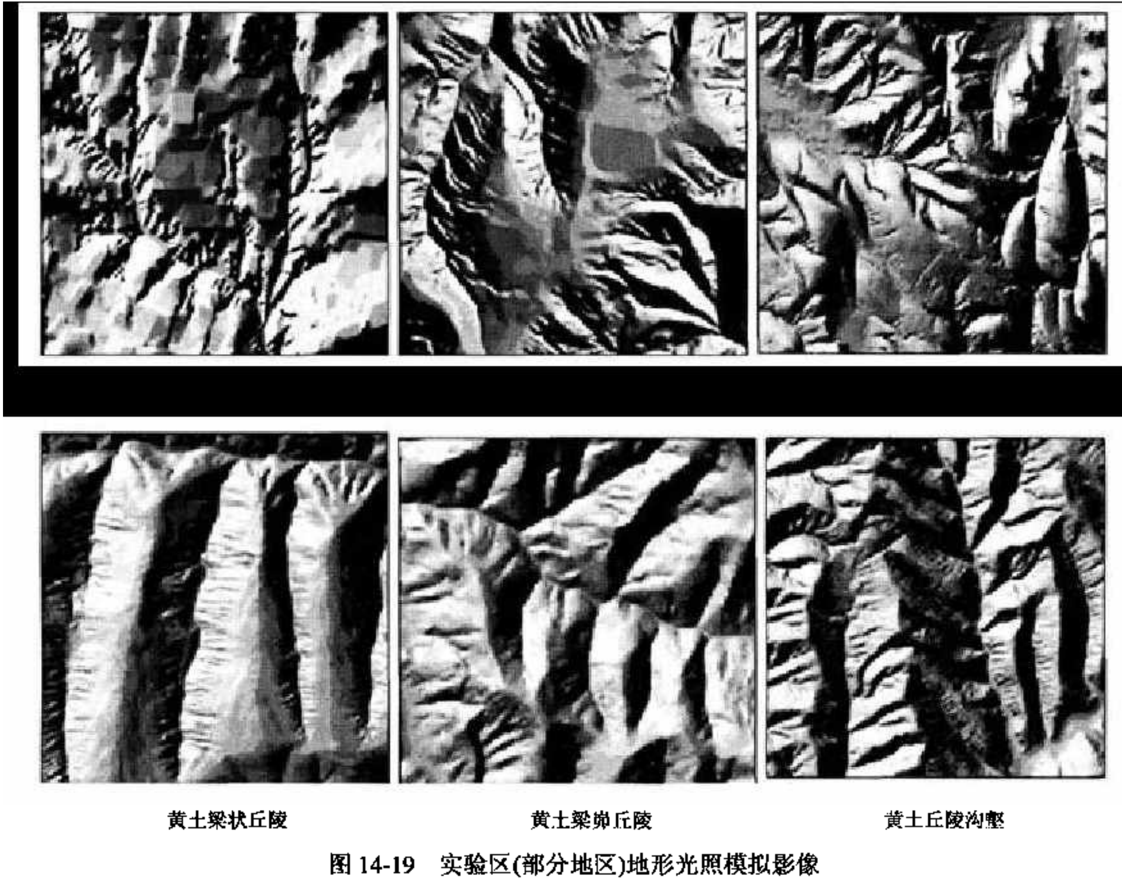


图 14-19　实验区(部分地区)地形光照模拟影像

表 14-11　实验样区信息源精度

	项　目	黄土塬	黄土残塬	黄土低丘	黄土梁状丘陵	黄土梁峁丘陵	黄土丘陵沟壑
原始 DEM 精度	均方差（米）	0.41	0.46	1.03	1.78	2.12	1.35
	标准差（米）	0.29	0.37	0.94	1.43	1.89	1.23
	平均误差（米）	0.27	0.31	0.90	1.35	1.70	1.11

在 6 个实验区野外随机布点 1 828 个，GPS 定位并量测其地面实际坡度和地理坐标，表 14-12 的统计结果显示，小于 5 米栅格分辨率的 DEM 对于地面坡度的量测具有较高的精度。为数学模拟的方便，本实验以 5 米分辨率 DEM 获得的地面坡度为准值，测定其他分辨率 DEM 提取地面坡度的精度。

表 14-12 不同分辨率 DEM 提取地面坡度中误差实测结果统计

项 目		实测与 DEM 计算所得地面坡度误差					
		黄土塬	黄土残塬	黄土低丘	黄土梁状丘陵	黄土梁峁丘陵	黄土丘陵沟壑
坡度实地采样点数		113	170	249	243	456	597
坡度中误差（°）	1 米分辨率	0.079	0.197	0.188	0.264	0.793	0.756
	2.5 米分辨率	0.084	0.205	0.190	0.391	0.915	1.373
	5 米分辨率	0.193	0.324	0.319	0.698	1.003	1.783
	12.5 米分辨率	0.648	2.793	3.405	3.802	4.887	6.941
	25 米分辨率	1.973	4.866	5.158	6.961	7.409	11.001

4. 平均坡度误差模型

通过改变 DEM 分辨率并记录各样区平均坡度，得到表 14-13 的统计结果。表 14-13 显示，在各地貌类型实验区，DEM 所提取平均坡度呈随分辨率的降低(栅格边长增加)而降低的态势。

表 14-13 不同分辨率 DEM 所提取的地面平均坡度

分辨率(米)	地 貌 类 型					
	黄土丘陵沟壑	黄土梁峁丘陵	黄土梁状丘陵	黄土低丘	黄土残塬	黄土塬
5	30.14	27.65	23.83	16.54	11.23	6.54
15	27.30	25.07	22.45	15.25	10.36	6.14
25	24.51	22.97	21.08	14.22	9.62	5.74
35	21.96	21.22	19.70	13.37	9.03	5.30
45	19.68	19.73	18.33	12.63	8.53	4.96
55	17.62	18.43	16.95	12.04	8.09	4.72
65	15.86	17.26	15.58	11.50	7.72	4.47
75	14.30	16.23	14.20	10.99	7.34	4.29

图 14-20 显示平均坡度与分辨率呈较强的线形相关，得到 6 个实验区平均坡度随分辨率变化的回归模型。整理回归方程，得到式（14-10）

$$\text{地面平均坡度 } Y=\begin{cases}-0.2274X+30.518 & （黄土丘陵沟壑）\\ -0.1596X+27.456 & （黄土梁峁丘陵）\\ -0.1375X+24.515 & （黄土梁状丘陵）\\ -0.0772X+16.407 & （黄土低丘）\\ -0.0542X+11.158 & （黄土残塬）\\ -0.0327X+6.5795 & （黄土塬）\end{cases} \tag{14-10}$$

其中，Y为地面平均坡度；X为 DEM 分辨率。

如果将以上方程视为

$$Y=a\cdot X+b \tag{14-11}$$

的模式，可以发现上述 6 个方程系数 a、b 值呈随地形起伏程度的变化而变化的有序态

势。经过同地面起伏度、地面粗糙度、地面平均曲率以及沟壑密度等 4 种地形变量的相关实验，方程系数 a、b 与实验区的沟壑密度的变化呈明显的二次线性相关关系（沟壑密度为每平方千米面积大于 50 米以上的沟壑的总长度），图 14-20、图 14-21 分别为方程系数 a、b 与沟壑密度之间建立的二次线性回归模型。

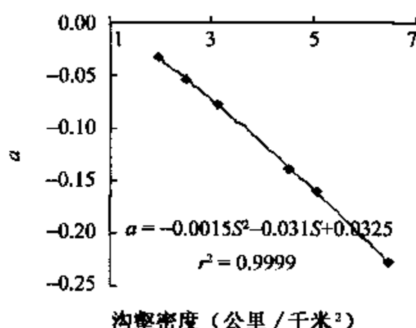


图 14-20 方程系数 a 与沟壑密度的回归模型

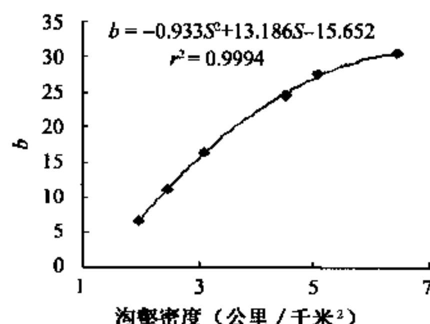


图 14-21 方程系数 b 与沟壑密度的回归模型

将图 14-20、图 14-21 中的回归方程代入（14-11），得到：

$$Y=(-0.0015S^2-0.031S+0.0325)X+(-0.933S^2+13.186S-15.652) \tag{14-12}$$

其中，S 为地面沟壑密度；X 为 DEM 分辨率；Y 为该分辨率的 DEM 所提取的地面坡度。设 5 米分辨率的 DEM 所提取的地面坡度 Y_5 为真值，则在其他分辨率 X 所提取地面平均坡度的误差 E 有：

$$E=Y_5-Y=(0.0015S^2+0.031S-0.0325)\cdot X-0.0045S^2-0.155S+0.1625 \tag{14-13}$$

式（14-13）即为陕北黄土高原地面平均坡度的误差估算模型。

5. 误差模型成立的条件

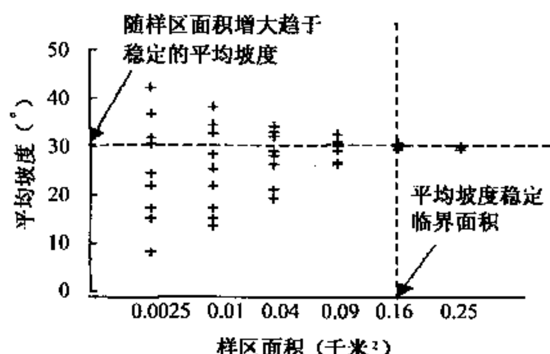
根据同一地貌类型地区地形起伏具有宏观上相似性的原理，在相同的地貌类型区内，地面的平均坡度以及坡度的组合必将是相同的，但以上结论又是在一定的空间尺度条件下才有意义。为验证地面平均坡度的稳定条件，在 6 个实验区内，随机选定多个样点，以样点为中心，通过逐步扩大分析范围，并统计平均坡度，9 个点的平均坡度值基本达到一致时的样区面积，记为在该地貌类型区平均坡度的稳定的面积阈值（表 14-14、图 14-22、14-23）。

表 14-14 不同地貌类型区获得稳定平均坡度的面积阈值

项 目	黄土塬	黄土残塬	黄土低丘	黄土梁状丘陵	黄土梁峁丘陵	黄土丘陵沟壑
实验样区数	32	32	34	30	33	39
平均坡度稳定的临界面积（千米²）	2.30	1.87	0.63	0.46	0.22	0.16

为检验以上误差模型的精度与实用性，以绥德辛店沟流域（黄土丘陵沟壑区）、安塞李家沟流域（黄土梁状丘陵区）、潼关铁沟流域（黄土台塬区）为检验样区，采用航测高精度 1:5 千 DEM 为基准数据，对按国家标准生产的 12.5 米分辨率、1:1 万比例尺

DEM 所提取的坡度进行误差纠正检验，其坡度误差的纠正率分别达到 89.7%、92.2%和 99.2%，证明具有相当理想的纠正效果。



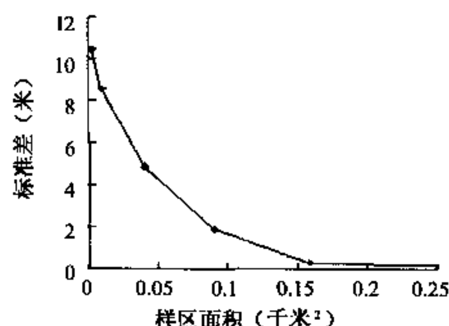


图 14-22 在黄土丘陵沟壑区各实验点所提取的平均坡度随样区面积的增大而趋一致

图 14-23 平均坡度标准差随样区面积增大而趋为 0（黄土丘陵沟壑区）

以上研究结果证实：① 在陕北黄土高原地区，5m 分辨率的 DEM 对于提取地面坡度具有较理想的效果。② 陕北黄土高原所提取的地面平均坡度随 DEM 分辨率的降低而呈线性下降的态势。DEM 所提取地面坡度的误差 E 与 DEM 分辨率及沟壑密度 S 呈较强的相关，误差值可以用模拟公式 $E = (0.0015S^2+0.031S-0.0325)\times X-0.0045S^2-0.155S+0.1625$ 估算。地面的沟壑密度容易利用 DEM 自动提取或者在地形图上直接量算，为该模型的应用提供了方便、有利的条件。

本研究仅着重探讨 DEM 所提取地面平均坡度的误差特征，今后的研究应当加强地面点位坡度误差以及误差空间分布规律研究。另外，平均坡度仅是一定区域内多点坡度的统计值，真正能反映区域地面起伏特点的是“地面坡谱”，即不同级坡度占总面积的百分比组合。研究地面坡谱在地域尺度、信息源比例尺尺度、DEM 分辨率尺度上的变化规律，对于地形信息图谱的研究具有更重要的意义。

参考文献

曲国胜，李亦刚，黄向荣，许建东等译. 2000. ArcView GIS 使用手册. 北京：地震出版社

秦其明，曹五丰，陈杉. 2001. ArcView 地理信息系统实用教程. 北京：北京大学出版社

郭仁忠. 1997. 空间分析. 武汉：武汉测绘科技大学出版社

李志林，朱庆. 2000. 数字高程模型. 武汉：武汉测绘科技大学出版社

李德仁，龚健雅，边馥苓. 1993. 地理信息系统导论. 北京：测绘出版社

陈述彭，鲁学军，周成虎. 1999. 地理信息系统导论. 北京：科学出版社

龚健雅. 1999. 当代 GIS 的若干理论与技术. 武汉：武汉测绘科技大学出版社

王家耀. 2001. 空间信息系统原理. 北京：科学出版社

郭达志，盛业华，余兆平等. 1997. 地理信息系统基础与应用. 北京：煤炭工业出版社

汤国安，赵牡丹. 2000. 地理信息系统. 北京：科学出版社

汤国安. 2001. 不同比例尺 DEM 提取地面坡度的精度研究.水土保持通报，(1)

汤国安，陈楠，刘咏梅. 2001. 黄土丘陵沟壑区 1:1 万计 1:5 万比例尺 DEM 地形信息容量对比. 水土保持通报，(2)

杨玮莹，汤国安. 2000. 基于 ARC/VIEW 明暗等高线地图的制图方法研究. 第四届 ARC/INFO 暨 ERDAS 中国用户大会论文集. 北京：地震出版社

汤国安等. 1995. 不同空间尺度下 DEM 的坡度转换图谱与数模表达研究. 西部大开发数字中国基础框架建设. 西安：西安地图出版社

Environmental System Research Institute. 1996. ArcView GIS

Environmental System Research Institute. 1996. ArcView Spatial Analyst

Environmental System Research Institute. 1996. ArcView 3D Analyst

Environmental System Research Institute. 1996. ArcView Network Analyst

Tang Guoan, Josef Strobl, Gong Jianya, Zhao Mudan, Chen Zhengjiang. 2001. Evaluation on the accuracy of digital elevation models. Journal of Geographical Science，（2）

Tang Guoan, Hui Yanghe, Josef Strobl, Liu Wanqing. 2001. The Impact of Resolution on the Accuracy of Hydrologic Data Derived From DEMs. Journal of Geographical Science，(4)

Tang Guo an. 2000. A Research on the Accuracy of Digital Elevation Models. 北京：科学出版社

